



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
2014

**Diogo
Rodrigues
de Almeida**

Mobilidade Ciclável: Uma Avaliação do Ciclo de Vida



**Diogo
Rodrigues
de Almeida**

Mobilidade Ciclável: Uma Avaliação do Ciclo de Vida

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Ao meu pai,
que sempre me inspirou

o júri

presidente

Professor Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo
Professor associado no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

orientadora

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professora auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias
Investigadora Auxiliar no Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM) da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de agradecer à Professora Doutora Margarida Coelho pela sua colaboração no desenvolvimento desta Dissertação e pelo contributo com as suas críticas construtivas.

Um agradecimento à aluna Arminda Pata, do ano de 2011 que desenvolveu uma recolha de dados relacionados com uma bicicleta, no qual me baseei para desenvolver esta Dissertação.

Um agradecimento ao professor Carlos Relvas, do Departamento de Engenharia Mecânica pela colaboração.

Um agradecimento ao Nuno Zamaro, da Wise-U e os funcionários da loja PernaLonga de Aveiro pela colaboração e fornecimento de alguns dados inerentes ao desenvolvimento desta Dissertação.

Agradeço também à minha namorada Klára Slavíková pelo consistente apoio.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento muito especial à minha mãe, ao meu irmão, aos meus avós e à minha madrinha pois são o pilar do presente trabalho. Um muito obrigado por todo o apoio, todos os incentivos, pela paciência e pela compreensão demonstrada.

Palavras-chave

Avaliação de ciclo de vida, ACV, SimaPro, bicicleta

Resumo

As alterações climáticas e a dependência dos recursos fósseis têm levado às sociedades a preocuparem-se cada vez mais com esses fatores. É neste âmbito que se enquadra a mobilidade ciclável como uma mais-valia económica, ambiental e de saúde pública. A utilização da bicicleta nas deslocações quotidianas está em crescimento, não só em Portugal mas em toda a Europa. Desta forma, e numa época de crise económica, a mobilidade ciclável torna-se uma opção cada vez mais interessante, principalmente para distâncias curtas. Além disso, existe na atualidade um maior interesse nas deslocações feitas de bicicleta e um esforço para lançar bicicletas mais atrativas no mercado. Políticas de incentivo ao uso da bicicleta e à redução das emissões para a atmosfera estão hoje mais que nunca no topo de prioridades das cidades que pretendem ser associadas a uma boa qualidade de vida.

O objetivo principal desta Dissertação centrou-se na avaliação do ciclo de vida de uma bicicleta de montanha e através da análise dos componentes com maior impacto ambiental associado, procuraram-se fazer alterações a nível de materiais e verificar qual a combinação que causava um menor impacto. Com recurso ao *software* SimaPro foram introduzidos e analisados os dados dos processos de produção, manutenção, uso e tratamento dos resíduos.

Materiais como o alumínio, o aço, a madeira e a fibra de carbono foram testados no *software* e os resultados mostraram que os componentes que integram alumínio na sua produção são os mais danosos ao nível ambiental. Por outro lado, os testes realizados nos componentes de madeira mostram os melhores resultados. Foi verificado que a parte da produção numa bicicleta é a que tem mais impacto ambiental aquando avaliadas todas as fases do ciclo de vida.

Keywords

Life Cycle Assessment, LCA, SimaPro, bicycle

Abstract

Nowadays, there is a concern about climate change and the use of fossil fuels. Cycling brings advantages to the environment and is also an affordable transportation mode. The number of people using bicycles has been increasing not only in Portugal, but also in other European countries. During the economic crisis, bicycle became an interesting transportation mode, especially for short distances. Because of this, the interest in manufacturing new types of bicycles made of different materials has increased.

The main objective of this Dissertation is to evaluate the life cycle of a mountain bicycle, and find out components which have the highest environmental impact. Then, some “what-if” scenarios were performed, in which those components were replaced with different materials. The objective was to decrease the environmental impact. Using the program SimaPro, production process, maintenance, use and waste scenarios were calculated. Aluminum, steel, wood and carbon fiber were tested in SimaPro, and the results showed that the components made in aluminum have the highest environmental impact. On the other hand, wood shows the lowest environmental impact. When evaluating the whole life cycle of the bicycle, the production phase has the highest impact.

Índice

Índice de figuras.....	ii
Índice de quadros.....	iv
1. Introdução	1
1.1 A importância da bicicleta na mobilidade urbana atual.....	1
1.2 Objetivos	6
1.3 Estrutura da Dissertação.....	6
2. Revisão bibliográfica	7
2.1 Materiais e tecnologias usados nas bicicletas	7
2.2 Estudos de avaliação de impactes ambientais	11
3. Avaliação do Ciclo de Vida	13
3.1 Eco-indicador 99	16
4. Metodologia e Métodos.....	21
4.1 Objeto de estudo e cenários.....	22
4.2 Realização da ACV: processo produtivo da bicicleta	29
4.3 Realização da ACV: processo de transportes dos componentes.....	30
4.4 Realização da ACV: processo de manutenção e fim de vida	30
4.5 O <i>software</i> de ACV - SimaPro	32
5. Resultados e sua discussão	37
5.1 Cenário base – Análise “ <i>Cradle-to-Gate</i> ”	37
5.2 Cenários alternativos – Análise “ <i>Cradle-to-Gate</i> ”	40
5.3 Cenário Base – Análise “ <i>Cradle-to-Grave</i> ”	46
5.4 Cenários alternativos – Análise “ <i>Cradle-to-grave</i> ”	51
6. Conclusões e trabalho futuro.....	57
7. Referências Bibliográficas	59
8. Anexos	63

Índice de figuras

Figura 1: Comparação de tempos entre os meios de transporte. [2]	2
Figura 2: Repartição modal dos modos de transporte em Áreas Metropolitanas Europeias em 2009 e 2011 [8]	3
Figura 3: Repartição modal dos modos de transporte no centro de cidades Europeias em 2009 e 2011 [8]	3
Figura 4: Poluentes associados à utilização dos diferentes meios de transporte [2]	4
Figura 5: Draisiana, <i>National Technical Museum</i> , Praga	5
Figura 6: Triciclo elétrico da eZee Bike [11]	5
Figura 7: Bicicleta Onyx [12]	6
Figura 8: Tensão de rutura vs ciclos de carga de diferentes materiais [14].....	7
Figura 9: Uniões na bicicleta de bambu [15]	8
Figura 10: Diferentes orientações das camadas aplicadas num tubo de fibra de carbono [20]	10
Figura 11: Minérios e energia necessários para a produção dos meios de transporte [13]	11
Figura 12: Entradas e saídas de um sistema [27]	14
Figura 13: ACV - ferramentas e parâmetros avaliados [28]	14
Figura 14: Fases de um ciclo de vida[25]	15
Figura 15: Representação esquemática das fases de ciclo de vida incluídas em cada uma das quatro variantes da ACV [29].....	16
Figura 16: Fluxograma do plano de trabalho da Dissertação.....	21
Figura 17: Bicicleta <i>World Bike Tour</i> [34]	23
Figura 18: Aros e raios em fibra de carbono	27
Figura 19: Forqueta de fibra de carbono.....	28
Figura 20: Bicicleta e seus componentes [34]	29
Figura 21: Definição dos principais elementos do ciclo de vida dos componentes da bicicleta	32
Figura 22: Caracterização dos <i>sub-assemblies</i>	33
Figura 23: Caracterização do <i>assembly</i> principal, relativo ao fabrico da bicicleta.....	33
Figura 24: Programação do cenário de utilização da bicicleta	34
Figura 25: Desmontagem dos componentes e seu destino final	34
Figura 26: Comparação entre perfis ambientais dos ciclos de vida correspondentes a quatro tipos de bicicletas, considerando o Eco-indicador 99 (H)	35
Figura 27: Ciclo de vida da bicicleta e tratamento de resíduos	36
Figura 28: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta WBT - processo de produção ..	38
Figura 29: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta do cenário base, relativos à fase de caracterização	40

Figura 30: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com rodas de fibra de carbono, relativos à fase de caracterização	41
Figura 31: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de rodas de carbono (vermelho) e da bicicleta do cenário base (verde), relativos à fase de caracterização	42
Figura 32: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com forqueta de carbono, relativos à fase de caracterização	43
Figura 33: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de forqueta de carbono (vermelho) e da bicicleta do cenário base (verde), relativos à fase de caracterização	44
Figura 34: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com quadro de madeira, relativos à fase de caracterização	45
Figura 35: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de quadro de madeira (vermelho) e da bicicleta do WBT (verde), relativos à fase de caracterização	46
Figura 36: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta do cenário base - ciclo de vida completo - reciclagem	48
Figura 37: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta do cenário base - ciclo de vida completo - aterro	50
Figura 38: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos cenários 1 a 4 quando enviados para reciclagem, considerando a fase de caracterização	53
Figura 39: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente aos cenários 1 a 4, quando enviadas para aterro	55

Índice de Quadros

Quadro 1: Calendarização do plano de trabalho da Dissertação.....	22
Quadro 2: Conjuntos, componentes e respetivas quantidades e massa [34]	24
Quadro 3: Componentes e material em que foram produzidos [34]	25
Quadro 4: Componentes e processos de produção dos mesmos [34]	26
Quadro 5: Número de substituições dos componentes das bicicletas	31
Quadro 6: SimaPro: cenário 1	39
Quadro 7: SimaPro: cenário 1 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis.....	39
Quadro 8: SimaPro: cenário 2	40
Quadro 9: SimaPro: cenário 2 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - produção das rodas de fibra de carbono	41
Quadro 10: SimaPro: cenário 3	42
Quadro 11: SimaPro: cenário 3 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis – produção da forqueta de fibra de carbono.....	43
Quadro 12: SimaPro: cenário 4	44
Quadro 13: SimaPro: cenário 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis – produção do quadro de madeira	45
Quadro 14: SimaPro: cenário 1 com envio de resíduos para reciclagem	49
Quadro 15: SimaPro: cenário 1 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - ciclo de vida da bicicleta do WBT - destino final: reciclagem ..	49
Quadro 16: SimaPro: cenário 1 com envio de resíduos para aterro	51
Quadro 17: SimaPro: cenário 1 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - ciclo de vida da bicicleta do WBT - destino final: aterro	51
Quadro 18: SimaPro: bicicletas enviadas para reciclagem.....	52
Quadro 19: SimaPro: cenário 2 a 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - ciclo de vida da bicicleta do quadro de madeira - destino final: reciclagem	52
Quadro 20: SimaPro: bicicletas enviadas para aterro	53
Quadro 21: SimaPro: cenário 2 a 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - ciclo de vida da bicicleta do quadro de madeira - destino final: aterro.....	54

1. Introdução

1.1 A importância da bicicleta na mobilidade urbana atual

A eficiência da rede de transportes é um assunto que preocupa governos e outros setores da sociedade, seja por motivações económicas ou ambientais. Além do elevado preço dos combustíveis, as externalidades associadas à emissão de poluentes são cada vez mais fonte de preocupação global. Os congestionamentos frequentes no acesso a cidades de média/grande dimensão são origem de fenómenos de ineficiência energética e aumento das emissões de poluentes, além de causarem prejuízos económicos significativos. Sabe-se ainda que cada viagem média dos condutores Europeus tem uma extensão média entre 9 a 22 km [1].

Desta forma, e numa época de crise económica, a mobilidade ciclável torna-se uma opção cada vez mais interessante, principalmente para distâncias curtas. Além disso, existe na atualidade um maior interesse nas deslocações feitas de bicicleta e um esforço para lançar bicicletas mais atrativas no mercado, nomeadamente através da utilização de novos materiais. Desta forma melhora-se o bem-estar físico e protege-se o meio ambiente evitando outros meios de transporte mais poluentes. No entanto, torna-se importante conhecer o impacto que a sua produção causa no meio ambiente.

A bicicleta traduz um conjunto de vantagens quando comparada por exemplo com o automóvel, sendo algumas delas comprovadas, outras com potencial. Ao nível económico (despesas do orçamento familiar com o automóvel e tempo perdido nos congestionamentos), ao nível político (dependências energéticas e poupança de recursos não renováveis), ao nível social (democratização da mobilidade, melhor autonomia e acessibilidade de todos os equipamentos independentemente da idade) e ao nível ecológico (efeitos da poluição locais e globais a curto e longo prazo, sonora ou atmosférica) [2].

Sabe-se que em alguns países, ainda não é usada a bicicleta de forma regular, como meio de mobilidade, pois existem muitos obstáculos tanto físicos como psicológicos. De entre eles destacam-se a rapidez da deslocação, o declive do terreno e até mesmo as condições climáticas. Por outro lado é preciso quebrar as barreiras do preconceito, a aceitação social e o estatuto económico de cada pessoa e perceber que a bicicleta se pode enquadrar em várias áreas como desportivas, lazer, profissionais e utilitárias. Entenda-se como profissionais o serviço de estafetas que algumas cidades já têm (como Lisboa com o projeto Camisola Amarela) e utilitárias como o seu uso em deslocações para o trabalho [3].

A figura 1 mostra as diferenças a nível de tempos para os diferentes tipos de transportes. Ao comparar a bicicleta ao modo pedonal esta ganha em termos de tempo de deslocação, pois a velocidade média de andar a pé é 5 km/h ao passo que de bicicleta é de 15 km/h [2].

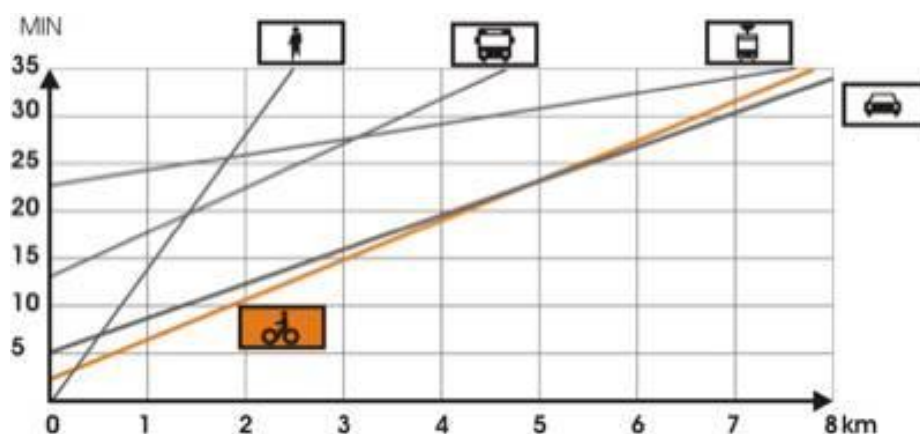


Figura 1: Comparação de tempos entre os meios de transporte. [2]

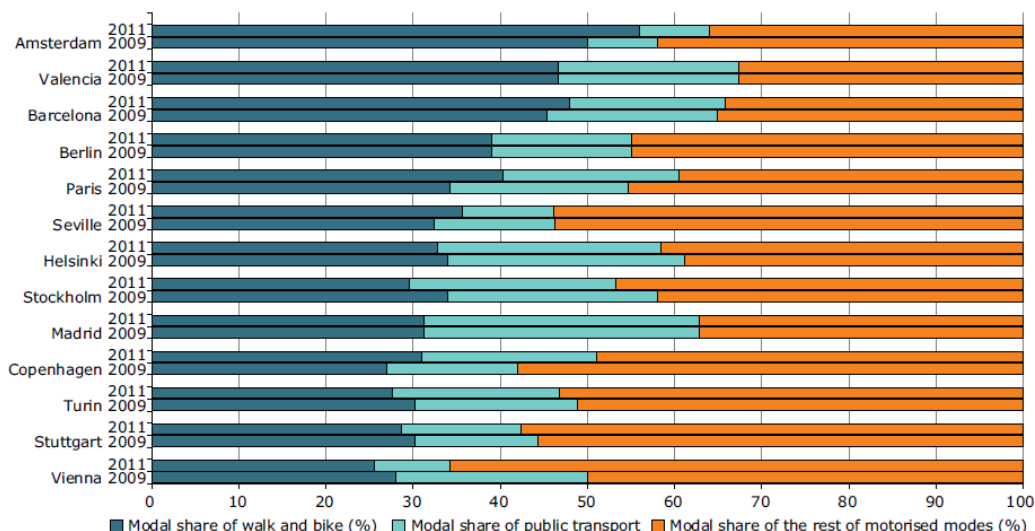
Segundo as associações Europeias Colibi e Colipede, no ranking dos países que mais bicicletas produziam, Portugal situava-se em 5º lugar no ano de 2010. O mercado Europeu sofreu um decréscimo das vendas de bicicletas, entre 2007 e 2010, muito por causa da situação da economia Europeia e da diminuição do poder de compra. Segundo os dados da Colibi, o número de bicicletas produzidas foi de cerca 11 785 000 de bicicletas em 2011. Portugal situava-se na 6ª posição com cerca de 782 000 bicicletas produzidas, sendo esta lista encabeçada pela Itália com cerca de 2 310 000 bicicletas produzidas, vindo depois a Alemanha, Holanda, França e Polónia antes de Portugal [4]. Para o ano de 2012, segundo as estatísticas do Eurostat o negócio das bicicletas na Europa a 27 representou a venda de 10 905 000 unidades decrescendo em comparação com o ano anterior [5].

Quanto a valores económicos, segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em Portugal em 2012, a bicicleta representava um valor de 74.8 milhões de Euros. Foram produzidas cerca de 697 mil unidades e vendidas 706 mil unidades. Aos acessórios (aros, raios, cubos, travões, selins, pedais, pedaleiros, guiadores, porta-bagagens, mudanças de velocidades e respetivas partes) correspondeu o valor de 29.6 milhões de Euros de vendas [6].

A bicicleta assume uma vantagem em relação aos outros meios de transporte ao ter um menor número de acessórios para se produzir, um custo de venda no mercado inferior aos veículos motorizados, a flexibilidade relativamente ao momento de realização da viagem, a promoção do bem-estar que lhe está associada e o facto de não consumir combustíveis fósseis aquando do seu uso. A aquisição de veículos motorizados é mais cara e tem maiores despesas associadas, nomeadamente com os combustíveis, manutenção, despesas de estacionamento, portagens e impostos para o Estado [2].

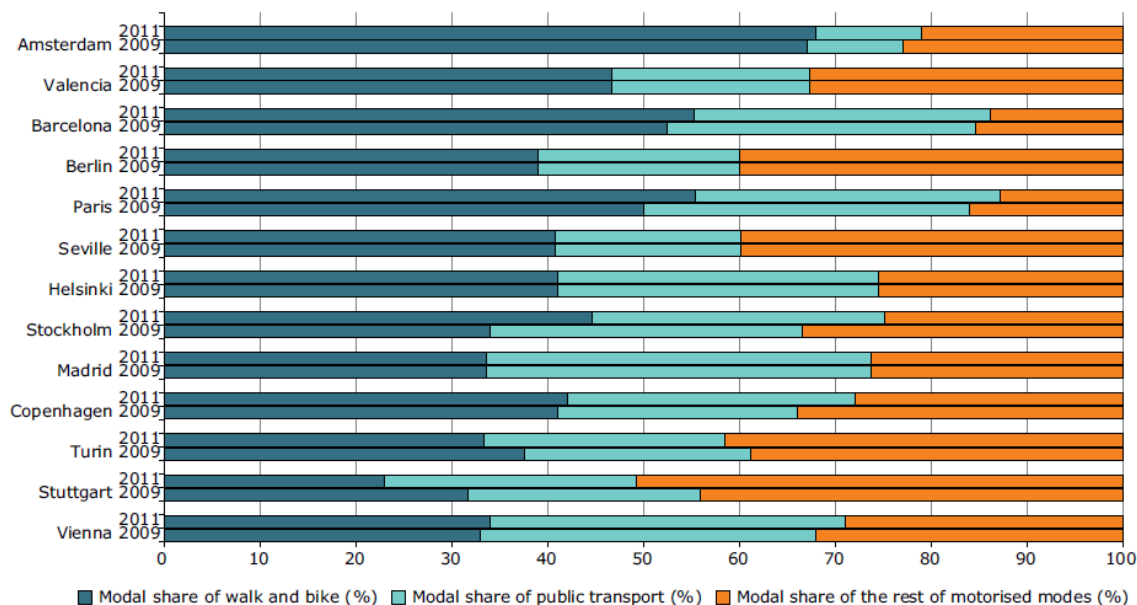
Sabe-se que a combinação da bicicleta com outros meios de transporte coletivo permite uma melhor comodidade e consciencialização das problemáticas ambientais por parte dos utilizadores. Em Portugal a CP permite que o transporte das bicicletas em todos os comboios desde que bem acomodadas [7].

Segundo o relatório TERM 2013 da Agência Europeia do Ambiente, as áreas metropolitanas têm associado um nível de utilização superior do veículo motorizado, quando comparado com os centros das cidades, uma vez que os serviços e as atividades não se encontram tão próximos (ver figuras 2 e 3) [8]. As diferenças entre as diferentes cidades ocorrem devido às suas dimensões, à sua densidade populacional, à estrutura da cidade, bem como aos fatores socioeconómicos e atividade económica desenvolvidos em cada uma.



Source: EMTA data for 2009 and 2011 (EMTA, 2012 and 2012a).

Figura 2: Repartição modal dos modos de transporte em Áreas Metropolitanas Europeias em 2009 e 2011 [8]



Source: EMTA data for 2009 and 2011 (EMTA, 2012 and 2012a).

Figura 3: Repartição modal dos modos de transporte no centro de cidades Europeias em 2009 e 2011 [8]







Com base nos Censos de 2011, em Portugal verificou-se que a percentagem de uso do transporte individual aumentou de 46% (2001) para 62% (2011). Quanto ao uso da bicicleta (em conjunto com motorizadas) decresceu de 3,2% (2001) para 1,7% (2011) bem como andar a pé de 25% (2001) para 17% (2011) [8].

Outra estatística relevante diz respeito aos utilizadores. Portugal em 2011 tinha no seu total cerca de 31 179 utilizadores diários de bicicleta e na região de Aveiro existiam no total 1 351 utilizadores, dos quais 1 168 eram trabalhadores e 183 eram estudantes [9].

Em Portugal são várias as cidades que apostaram num processo de dinamização da bicicleta, de forma a ser utilizada nas deslocações diárias das pessoas. São exemplos disso as cidades de Braga, Murtosa, Lisboa e Porto que investiram na rede ciclável. Outro exemplo é na cidade de Aveiro com o projeto NaturRia, que permite dar a conhecer os percursos e as espécies animais existentes na região da ria de Aveiro. Ao nível Europeu, existiu o projeto *Life Cycle*, que visou combater o sedentarismo e a obesidade através da prática de ciclismo na rotina das pessoas [10].

Fazendo uma comparação ambiental dos poluentes que cada meio de transporte emite, pode-se verificar através da figura 4 aquele que menos quantidades e tipos de poluentes emite e concluir qual o meio mais “amigo do ambiente”. A bicicleta apresenta zero emissões [2].

Base = 100 (automóvel particular sem catalisador)

						
Consumo de espaço	100	100	10	8	1	6
Consumo de energia primária	100	100	30	0	405	34
CO ₂	100	100	29	0	420	30
Óxidos de azoto	100	15	9	0	290	4
Hidrocarbonetos	100	15	8	0	140	2
CO	100	15	2	0	93	1
Poluição atmosférica total	100	15	9	0	250	3
Risco de acidente induzido	100	100	9	2	12	3


* = **Automóvel com catalisador.** É necessário recordar que o catalisador apenas é eficaz quando o motor está quente. Nas curtas distâncias percorridas em cidade, não se pode contar com o real benefício antipoluição.

Figura 4: Poluentes associados à utilização dos diferentes meios de transporte [2]

Ao longo da história a bicicleta tem vindo a acompanhar e a modificar-se consoante as necessidades do Homem, sofrendo inúmeras metamorfoses, desde o aspeto estrutural aos materiais que utiliza. Não há muito tempo a bicicleta era construída em madeira ou mesmo ferro fundido e atualmente são usados materiais como alumínio e fibra de carbono. A figura 5 ilustra uma fotografia de uma draisiana, um dos primórdios da bicicleta, construída em madeira e que era impulsionada com o auxílio dos pés no chão.



Figura 5: Draisiana, *National Technical Museum*, Praga

A bicicleta cresceu e desenvolveu em todos os aspetos consoante a área de interesse ou desporto associado. São inúmeras as modalidades praticadas, desde o ciclismo de estrada, de montanha, o *downhill*, o paraciclismo ou o turismo sendo que para cada um destas modalidades a variedade e a necessidade dos materiais são diferentes pois os objetivos de cada uma são distintos.

São vários os casos de tipos de bicicletas que combinam a estabilidade, a facilidade de uso e ergonomia: são o caso da *Smartbike*, *eZee bike* (figura 6), *trike* da *Helkama Bicycles* [11]. A bicicleta tornou-se também um ícone de estilo e posição social, utilizando a tecnologia *Hi-Tech* e *designs* variados. Exemplo disso é o modelo *Onyx Bike* da *Peugeot* [12] – figura 7.



Figura 6: Triciclo elétrico da eZee Bike [11]



Figura 7: Bicicleta Onyx [12]

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta Dissertação consistiu na avaliação do ciclo de vida (ACV) de uma bicicleta de montanha com quadro de aço. Consoante os resultados obtidos no cenário base, desenvolveram-se cenários alternativos com diferentes materiais e verificaram-se os impactes energético-ambientais associados a essas alterações.

Para o cumprimento deste objetivo, desenvolveu-se uma análise que incluiu o processo de fabrico das bicicletas (especificamente as matérias-primas utilizadas e os processos utilizados na sua conceção), a sua utilização, e os cenários de fim de vida.

Pretendeu-se igualmente desenvolver as competências técnicas na utilização do *software* SimaPro, um dos *softwares* mais usados para estudar a ACV de diferentes produtos e que permite analisar quais as possíveis alterações para melhorar os seus processos.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta Dissertação encontra-se subdividida em diferentes capítulos para que possa ser facilmente percebida e enquadrada para o leitor.

No capítulo 1 é feita a uma introdução para perceber a importância da bicicleta, as suas vantagens em termos ambientais face aos outros meios de transporte e o seu potencial no mundo do negócio. No capítulo 2 pretende-se dar ênfase à importância da ACV, no que se refere ao desenvolvimento de produtos de forma mais sustentável, e apresenta-se a revisão bibliográfica de trabalhos desenvolvidos anteriormente. Através do capítulo 3 pretende-se dar ao leitor uma noção do que é a ACV, as fronteiras dos sistemas, bem como o tipo de Eco-indicador escolhido. No capítulo 4 são apresentados os dados relacionados com os inventários e também a descrição de como foi feito o procedimento com o *software* SimaPro. No capítulo 5 encontram-se os resultados das simulações, bem como a sua discussão. Finalmente, as conclusões e sugestões para trabalho futuro são apresentadas no capítulo 6.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Materiais e tecnologias usados nas bicicletas

Quando se fala em ACV é necessário ter em conta que diferentes necessidades requerem diferentes materiais para o fabrico dos exigentes produtos existentes no mercado. É nesse sentido que surge este capítulo, de forma a poder rever as propriedades dos materiais mais utilizados na bicicleta analisada, bem como as suas propriedades físicas.

Os impactes ambientais que podem advir de um veículo dividem-se em três fases: produção, utilização e outra no seu destino final. A produção de um veículo passa por diferentes fases: começa pela extração de matérias-primas, segue-se o processamento dessas matérias-primas em materiais refinados, depois a passagem desses materiais em partes individuais/componentes e por fim a montagem desses mesmos componentes no veículo. Conhecer as emissões e a energia gastos por quilograma de material utilizados torna-se importante para a realização da ACV do veículo [13].

Madeira

A procura de materiais sustentáveis para a inovação dos meios de transporte tem sido grande, e as bicicletas não fogem à regra. Até há bem pouco tempo com a falta de tecnologia era impossível produzir tubos de madeira, significando bicicletas mais pesadas, no entanto agora isso não é um problema, sendo possível obtê-los. As propriedades da madeira fazem com que esta consiga absorver a vibração melhor que o aço, alumínio e o carbono. A resistência à fadiga supera o alumínio e o aço, aproximando-se mesmo da fibra de carbono como ilustrado na figura 8.

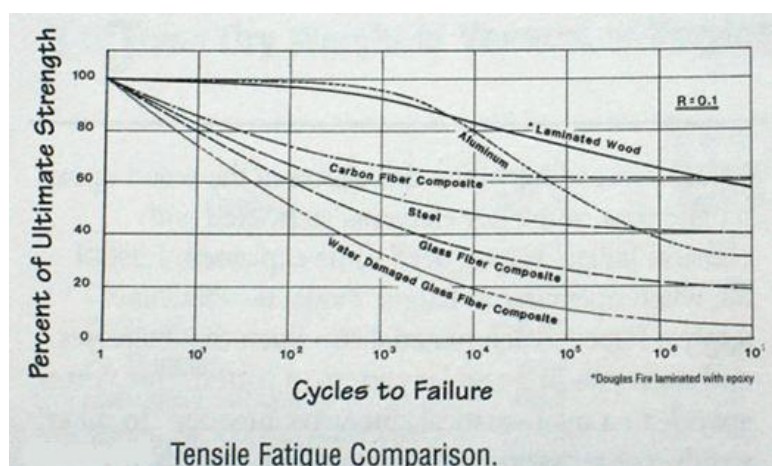


Figura 8: Tensão de rutura vs ciclos de carga de diferentes materiais [14]

Outro dos aspetos interessantes da madeira é que não apresenta propagação de fissuras como nos metais e é um material sustentável, reciclável e biodegradável. A resistência à

fadiga da madeira (capacidade de absorver ciclos de carga) é uma das maiores que existe ao nível de materiais naturais; assim, pode-se tirar partido disso para projetar um quadro que suporte as cargas normais diárias. Uma vez que a madeira só por si envelhece com a ação da água, sol, as resinas aplicadas como proteções são importantes de modo a permitir a mesma qualidade durante todo o seu ciclo de vida. No entanto só por si a madeira compromete o desempenho e a aparência sendo, por isso, usado o metal nas ligações/juntas[14].

Com o bambu também é possível construir partes do quadro substituindo assim partes que normalmente são construídas em tubos metálicos. A maneira como é processado o bambu permite que este ganhe mais resistência e durabilidade, começando pela secagem, fervura e tratamentos químicos. É um material anisotrópico, apresentando diferentes propriedades quanto à compressão (resistência à compressão 20 - 120 MPa, módulo elasticidade 2,6 - 20 GPa) e tração (resistência à tração 40 - 215 MPa, módulo elasticidade 5,5 - 18 GPa). Sendo estes valores abaixo dos materiais metálicos, as propriedades mecânicas são relevantes sendo que se trata de um material orgânico. A figura 9 mostra uma ligação da bicicleta de bambu, bem como as ligações às partes metálicas, feitas através de fio de sisal e resinas [15].



Figura 9: Uniões na bicicleta de bambu [15]

Alumínio

Já nos metais, o alumínio é o segundo metal mais usado a seguir ao aço; a sua utilização é cada vez mais comum nos transportes, na construção, no embalamento e na engenharia eletrónica devido à sua versatilidade. As fases de produção do alumínio passam pela extração, processo de fabrico do alumínio, extrusão dos perfis, tratamento de superfícies, tratamento de desperdícios e reciclagem. O alumínio não se encontra diretamente na natureza, este provém da matéria-prima bauxite, que tem a alumina e que depois se obtém o alumínio.

Ribeiro [16] realizou uma ACV a um perfil de alumínio e concluiu que as fases de extração e produção implicam um grande consumo de energia elétrica, no qual estão presentes as atividades de extração de matéria-prima, tratamento da alumina e fundição do alumínio. Um fator a ter em conta aquando da reciclagem deste material é que permite poupar até 95% da energia necessária na sua produção nas fases de extração, tratamento da alumina e transporte. Por exemplo para a produção de 1 000 kg de alumínio são necessárias 5 toneladas de bauxite que se convertem em 2 toneladas de alumina e depois provém o alumínio. Durante o processo de tratamento do alumínio são produzidos desperdícios, estes resultam de todas as atividades, por exemplo para a produção de 1 000 kg de alumínio existe a produção de sucata dos logs (cilindro sólido de vários metros de extensão e de diâmetro variável) em billetes e escapelamento (268 kg), depois cerca de 309 kg com o pré-aquecimento dos billetes, extrusão, esticamento, corte dos perfis e endurecimento.

A energia é consumida na sua maioria na produção do alumínio de 1ª fusão, depois na laminagem e na reciclagem/refusão. Todos os pressupostos são postos em consideração quando possíveis de contabilizar, desde o transporte da siderurgia até ao local de processamento, iluminação, ar comprimido, produção de eletricidade. Cada etapa de desenvolvimento no ciclo do alumínio tem um determinado impacte ambiental (ao nível do efeito de estufa, da redução da camada de ozono, da acidificação, da eutrofização, e do *smog* de verão), sendo a fase de produção do alumínio de 1ª fusão aquela que mais impacte ambiental tem em todas as categorias.

Existem diferentes tipos de alumínio, no entanto todos eles são conhecidos pela baixa densidade ($2,7 \text{ g/cm}^3$), boa resistência à corrosão atmosférica (devido à formação de um filme protetor de alumina), caracterizarem-se por ter um módulo de elasticidade na ordem dos 70 GPa, um ponto de fusão moderado, 660°C , que facilita a obtenção de ligas, elevada condutibilidade elétrica e térmica, bom poder refletor, não ser tóxico e ser reciclável. O alumínio só por si não pode ser usado em situações em que se requer resistência à fratura e à deformação, pelo que se for combinado com outros elementos melhora a sua resistência, sem alterar as outras propriedades. Estas alterações permitem às ligas de alumínio sofrer alterações através de tratamentos térmicos ou mecânicos, com vista a melhorar as suas propriedades [17].

Magnésio

O magnésio (Mg) é um minério que é usado nos veículos pois a sua densidade é muito baixa $1,7\text{g/cm}^3$ e isto permite fazer do meio de transporte mais eficiente. Normalmente o Mg substitui o aço uma vez que também tem um menor consumo de energia para a sua produção. O Mg pode ser utilizado nos cubos das rodas e em outros componentes em que seja possível substituir o aço. Segundo o estudo de Masataka et al. [18] verificou-se através da ACV que o uso de Mg poupa mais energia no decorrer do seu ciclo de vida do que o alumínio, no entanto para a sua produção consome mais energia do que o alumínio e o aço.

Fibra de Carbono

A fibra de carbono é igualmente utilizada no fabrico das bicicletas, pois apresenta elevada resistência para o seu peso, boa capacidade de absorção do choque, boa fiabilidade face à fadiga e à corrosão e permite a possibilidade de ser moldada a várias formas. As desvantagens prendem-se com os custos elevados de produção e a pouca experiência com o processamento deste material, tornando o público-alvo da produção das bicicletas algo restrito. Dependendo da direção da fibra o material apresenta maior ou menor resistência [19]. Normalmente os fabricantes usam resinas termoplásticas de modo a obter um material com maior resistência e rigidez em comparação com materiais metálicos. A direção e o número de camadas podem diferir de modo a alterar a resistência e a rigidez, como está visível um exemplo na figura 10.

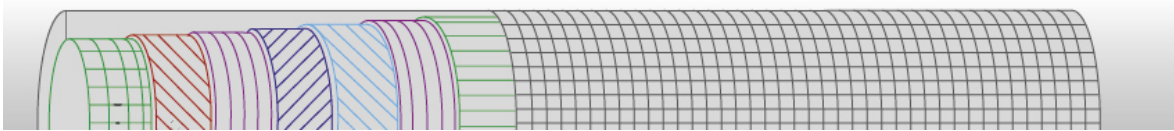


Figura 10: Diferentes orientações das camadas aplicadas num tubo de fibra de carbono [20]

Em geral os materiais compósitos tem baixa densidade, melhor resistência específica, rigidez e amortecimento que os metais comuns. Num quadro de bicicleta as resistências à carga são maiores nas juntas, no entanto para evitar os problemas relacionados com a descontinuidade muitos construtores decidem eliminar o número de uniões num quadro, mas fazer um quadro de elevado desempenho numa só peça revelou-se igualmente mais dispendioso [21].

O instituto de compósitos materiais IVW (Universidade Kaiserslautern na Alemanha) tem desenvolvido projetos de investigação na área dos quadros de bicicleta de fibra de carbono reforçado, mais propriamente o projeto carbono *ultimate F10*. Foi desenvolvido um quadro (que inclui a forqueta da frente com cerca de 1,26kg), sendo considerado o melhor desempenho para resistência-peso. Dois aspetos de *design* que contribuíram para este feito são: o tubo do selim e o tubo inferior. Os quadros em geral usam tubo de forma circular ou oval de modo a melhorar a aerodinâmica. Com a tecnologia F10 o perfil do tubo do selim começa no espigão de forma circular e progressivamente altera a sua forma para quadrada. Com esta alteração o instituto considera que existe um aumento da rigidez na ligação do bloco pedaleiro em 20% comparado com os tubos cilíndricos. O tubo inferior é também largo de modo a dar mais resistência ao quadro. Esta área é importante pois é onde os pedais são agregados. Outro aspeto único do quadro F10 é a forma curva da forqueta da frente, esta forma tem maior eficiência à carga que os tubos cilíndricos de diâmetro constante. Como resultado a rigidez à flexão foi aumentada e o peso diminuído [22].

O setor dos transportes representa cerca de 20% do consumo da fibra de carbono, no entanto os componentes de bicicleta representam apenas 5% do consumo global deste

material. Os tipos de fibra de carbono que cada um destes utiliza dependem muito do módulo de elasticidade e da resistência à tração [20].

2.2 Estudos de avaliação de impactes ambientais

Um estudo realizado por Cherry et al. [13] mostra o material usado para as construções dos diferentes meios de transporte podendo com isto verificar-se o impacte que estes têm no meio ambiente. Sendo assim, a figura 11 mostra o consumo energético, bem como o impacte ao nível das emissões e de produção de resíduos associados aos processos de produção de diversos meios de transportes com duas rodas, comparativamente a um veículo pesado de passageiros. A bicicleta é o meio de transporte que usa menos tipos de materiais bem como o que tem menores impactes associados à poluição.

	Bicycle style electric bike		Scooter style electric bike		Bicycle		100 cc motorcycle		Bus	
Weight of component materials (kg/vehicle)										
Steel	18.2	46.1%	26.2	46.5%	13.0	72.2%	76.4	81.3%	6303	57.8%
Plastic	5.7	14.4%	15.2	27.0%	2.0	11.1%	9.1	9.7%	553	5.1%
Lead	10.3	26.1%	14.7	26.1%	–	–	1.7	1.8%	90	0.8%
Nickel	–	–	–	–	–	–	0.3	0.3%	–	–
Fluid	2.9	7.5%	4.2	7.5%	–	–	–	–	78	0.7%
Copper	2.6	6.5%	3.5	6.1%	–	–	1	1.1%	109	1.0%
Rubber	1.1	2.9%	1.2	2.2%	2.0	11.1%	3.2	3.4%	405	3.7%
Aluminum	0.5	1.3%	0.6	1.0%	1.0	5.6%	1.5	1.6%	1666	15.3%
Zinc	–	–	–	–	–	–	0.8	0.9%	–	–
Glass	–	–	0.2	0.3%	–	–	–	–	490	4.5%
Wood									396	3.6%
Other									308	2.8%
Total weight	41.3		65.8		18.0		94		10900	
Associated energy and emissions of manufacturing processes										
Energy use (tonne SCE)			0.179		0.261		0.045		0.188	34.345
Energy use (kWh)			1456		2127		363		1534	279605
Air pollution (SO ₂) (kg)			1.563		2.198		0.275		1	274
Air pollution (PM) (kg)			5.824		8.173		1.176		4	1064
Greenhouse gas (tonne CO ₂ eq)			0.603		0.875		0.097		0.284	70.601
Waste water (kg)			1488		2092		393		1397	291182
Solid waste (kg)			4.463		7.139		0.641		3	756

Figura 11: Minérios e energia necessários para a produção dos meios de transporte [13]

Neste estudo, Cherry et al. [13] analisaram os impactes ambientais das bicicletas elétricas na China relativos à sua produção e utilização. Quanto à fase de fim de vida, encontraram algumas dificuldades uma vez que este meio de transporte é recente e não existem muitos estudos sobre essa matéria, mas de salientar a poluição causada pelo chumbo presente nas baterias. O tempo de vida das baterias é, em média, 2 anos ou cerca de 10000 km. A poluição causada pelo chumbo é o maior problema causado pelo uso desta bicicleta, e devido ao seu curto tempo de vida, uma bicicleta pode usar até cinco baterias em toda a sua vida, existindo emissão de chumbo ao longo de 4 processos: extração do minério e sua fundição, no fabrico das baterias, reciclagem das baterias, e o que não é reciclado vai para os resíduos sendo esta percentagem até 5% do peso final da bateria. Uma bicicleta elétrica gasta em média cerca de 2,1 kWh/100 km, em que a maior parte da eletricidade provém de combustíveis como o carvão (cerca de 75%). De um balanço ambiental desde a produção ao uso, definiram-se os seguintes valores: 1,65 g CO/100 km,

6,38 g NO_x/100 km, 1,72 g PM10/100 km, 13,03 g SO₂/100 km, 0,67 g VOC/100 km, 21,5 g CO₂/ km [13].

Segundo um estudo de Shreya Dave [23], que compara avaliações do ciclo de vida de diferentes meios transportes, concluiu que as bicicletas elétricas consomem menos do que 10% da energia necessária para alimentar um veículo ligeiro por km percorrido e emitem 90% menos poluentes por passageiro-quilómetro do que um autocarro quando não se encontra com a lotação completa. Verificou que os hábitos das pessoas e os fatores económicos tem influência na eficiência de como os meios de transporte são utilizados. O estudo mostrou também que caminhar, usar uma bicicleta convencional ou uma elétrica polui a mesma quantidade de gases responsáveis pelo efeito de estufa. Verificou que uma bicicleta elétrica em comparação com uma convencional consome mais energia na fase de produção e uso, no entanto a convencional obriga o utilizador a respirar com mais intensidade e a fazer muito mais esforço, o que se reflete na energia gasta pelo utilizador na fase de utilização e num aumento de emissões de CO₂ com a respiração.

Verifica-se que existem alguns estudos da ACV entre diversos meios de transporte, mas a quantidade de estudos relacionados com bicicletas é diminuta. Esta Dissertação pretendeu dar ênfase apenas à ACV de bicicletas. Com a revisão bibliográfica pretendeu-se dar a conhecer o impacto ambiental que os materiais mais usados das bicicletas têm e também a vantagem da bicicleta face aos outros meios de transporte.

3. Avaliação do Ciclo de Vida

Os produtos com eco *design* trazem maior satisfação aos consumidores que estão cada vez mais sensibilizados aos problemas ambientais. Ao nível económico, as empresas que optam por esta via têm redução ao nível da aquisição de matéria-prima bem como poupança de energia [24]. Através da ecologia industrial os industriais analisam o meio ambiente e tentam adotar a indústria de modo a que possa interagir em conformidade com o ambiente. Para esta visão é realizada uma análise do produto desde a sua origem, seu processamento e fase final de vida. Atualmente as empresas pretendem produzir mais com o menor custo possível, implicando por isso falta de controlo dos poluentes ao longo de todo o processo [25].

Um conceito que foi apresentado e que se desenvolveu foi o *LCP-families (Life Cycle Product families)*, este conceito visa agrupar famílias de produtos e fazer desta forma uma análise do ponto de vista ambiental. Esta avaliação permite criar um ponto de referência que pode ser desenvolvido nos estágios iniciais após a especificação do produto, permitindo estabelecer metas para os valores de impacto ambiental que serão avaliados quando os dados da ACV estiverem disponíveis. Permitirá verificar se o desempenho deste produto está na média dos que estão no mercado, acima ou abaixo deles. No geral pode-se definir uma família de produtos como um conjunto de produtos com características comuns (funções, partes ou propriedades) e tem em comum a unidade funcional [26].

A avaliação do ciclo de vida - traduzido do inglês (LCA) *Life Cycle Assessment* ou *Life Cycle Analysis* - consiste numa avaliação do percurso do produto desde que é produzido até quando este se encontra em final de vida. Assim, para realizar uma ACV apropriada é necessário ter em conta os fluxos de entrada e de saída. Para os de entrada contam as matérias-primas, a energia para o seu transporte e a energia gasta para transformação. Para os fluxos de saída, as emissões para o ar e água, os resíduos sólidos e os coprodutos são considerados.

A ACV permite analisar e mitigar as consequências ambientais causadas na elaboração do produto, quantificar descargas ambientais para o ar, água e solo, poder comparar produtos e identificar possíveis melhorias.

Para fazer uma avaliação de um sistema é necessário especificar o sistema global, dividindo-o em subsistemas e interligá-los por fluxos de materiais ou de energia. Uma vez separados em subsistemas, cada um deles é visto como um só em que existe entrada de matérias-primas e vai emitir poluentes para o ar e para a água, resíduos sólidos e outras descargas ambientais, além dos produtos úteis, como se pode verificar na Figura 12 [27].

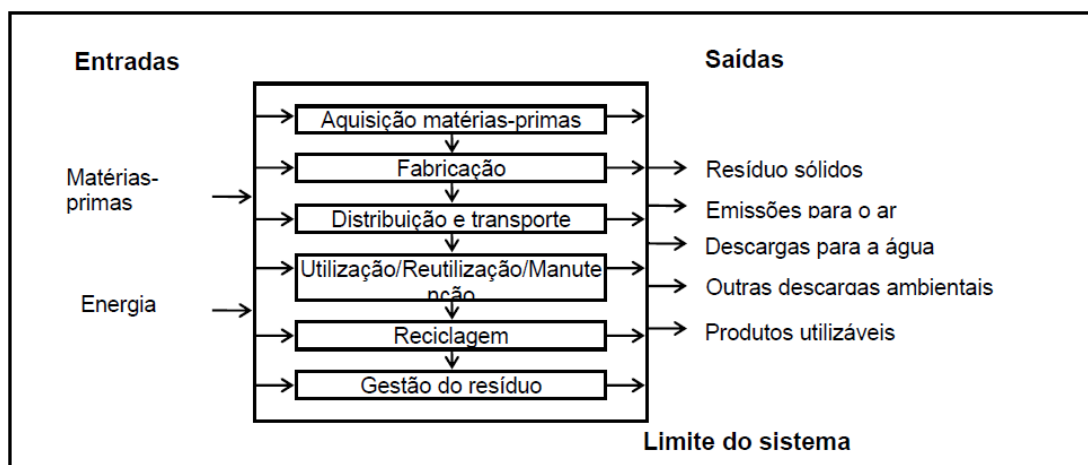


Figura 12: Entradas e saídas de um sistema [27]

O conceito de unidade funcional permite numa ACV relacionar as entradas e as saídas do sistema e que seja possível comparar diferentes produtos da mesma família. A unidade funcional pretende ser representativa e caracterizar o desempenho do produto ao executar a função que lhe está associada, sendo a referência em relação à qual se realizará o inventário. A sua seleção deverá ter em conta a função do objeto de estudo, tendo em conta a perspetiva do utilizador. Para as simulações comparativas faz sentido que os sistemas a comparar tenham as mesmas funções, para que as avaliações de ciclo de vida sejam comparadas com a mesma unidade funcional [25].

Podem ser excluídos processos dos limites do sistema se estes não afetarem significativamente o resultado final do estudo, quando a contribuição de um processo para o seguinte possa ser definida como uma proporção fixa de fluxo e se este fluxo for inferior à incerteza do sistema (esta pode ser vista como uma análise de sensibilidade informal) [27].

Para assegurar a qualidade dos dados é necessário que estes tenham cobertura temporal, geográfica, precisão, integridade, representatividade, consistência e reprodutibilidade ao longo da ACV [27].

A figura 13 representa um fluxograma da ACV, que refere os três aspetos principais cobertos pela ACV quando aplicada a uma bicicleta: análise energética, de emissões e de materiais.

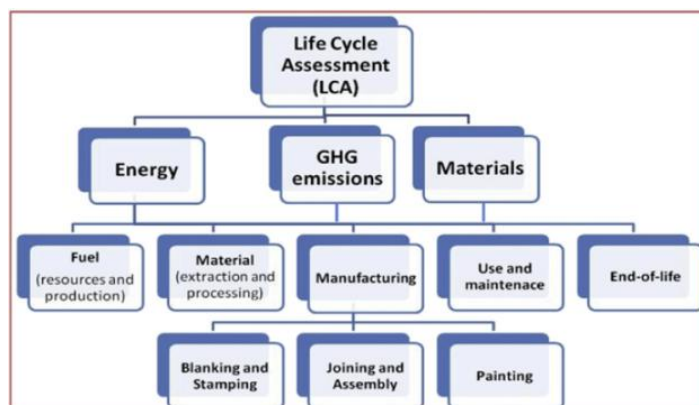


Figura 13: ACV - ferramentas e parâmetros avaliados [28]

A norma ISO 14040 é a que é associada à gestão ambiental, mais propriamente à implementação ACV. Para esta norma, a avaliação divide-se em 4 fases, que interagem entre si (ver Figura 14, que se ilustra a relação entre fases) [25]:

1. Definição do objetivo e do âmbito da análise: define e descreve o produto ou processo. Explica o âmbito para que é feita a avaliação.
2. Inventário dos processos envolvidos: enumeração das entradas e saídas do sistema (energia, materiais utilizados e descargas ambientais).
3. Avaliação dos impactes ambientais associados às entradas e saídas dos sistemas (efeitos humanos e ecológicos).
4. Interpretação dos resultados das fases do inventário e avaliação, tendo em conta os objetivos da avaliação.

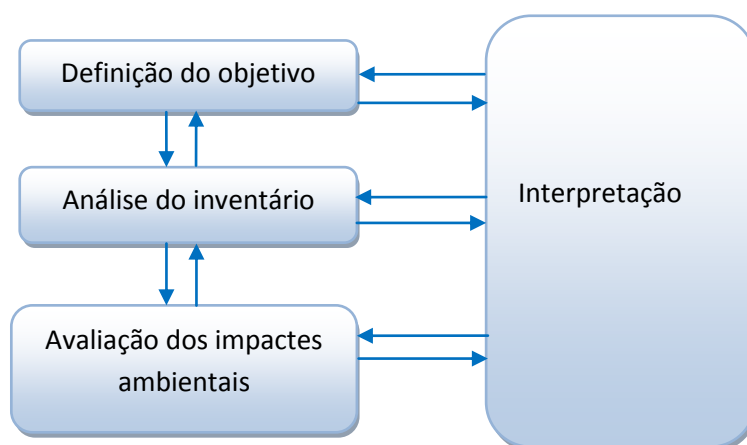


Figura 14: Fases de um ciclo de vida[25]

Para fazer a ACV, existem 4 variantes que são estudadas: “*Cradle-to-Gate*” (“do berço à porta”), “*Gate-to-Grave*” (“da porta ao túmulo”), “*Cradle-to-Grave*” (“do berço ao túmulo”) e “*Cradle-to-Cradle*” (“do berço ao berço”), como ilustrado na figura 15. Podendo ver-se que para as diferentes variantes, englobam-se diferentes fases do ciclo de vida [29].

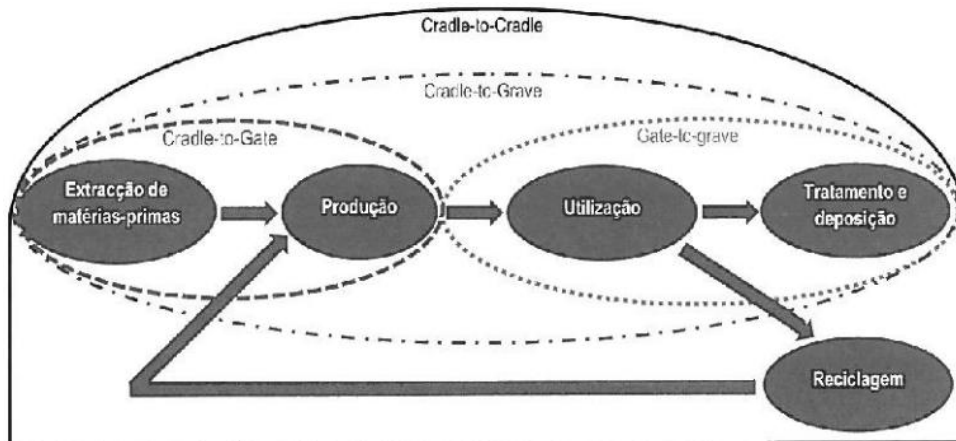


Figura 15: Representação esquemática das fases de ciclo de vida incluídas em cada uma das quatro variantes da ACV [29]

A ISO 14041 define também algumas considerações igualmente importantes a esclarecer na ACV: 1º- a função do produto/serviço; 2º- as fronteiras temporais e espaciais do sistema no qual o produto se desenvolve durante a sua vida; 3º- dados necessários para a caracterização do sistema; 4º- hipóteses consideradas; 5º- limitações do estudo; 6º- tipo de avaliação do impacto a usar; 7º- qualidade dos resultados pretendida; 8º- tipo de revisão crítica a realizar; 9º- tipo de estrutura do relatório final [25].

Fim do ciclo de vida

Para uma boa ACV é necessário ter um bom inventário dos materiais usados, manutenção e por fim atribuição do destino final do produto.

A reciclagem consiste na recuperação de materiais de forma a utilizar um produto que estava em fim de vida, sendo inserido num novo ciclo. Este não apresenta quaisquer diferenças em termos de qualidade em comparação com um produto que fosse extraído do ambiente. No passado a reciclagem era vista como um processo de gestão de resíduos mas hoje em dia consiste numa eficiência do uso dos recursos. A reciclagem é o processo preferido na União Europeia para dar tratamento aos resíduos [30].

Outra das opções dada aos resíduos consiste em envia-los para um aterro, onde os resíduos são confinados e compactados num menor espaço possível. Esta opção acarreta impactos ambientais ao nível dos aquíferos, dos lençóis de água e na contaminação do solo na área do aterro. Existe também a formação de metano, gás responsável pelo efeito de estufa [31]. Existem diferentes tipos de aterro, que tem em conta o perigo dos resíduos. Nos aterros sanitários modernos, existe a coleta do gás produzido de modo a poder se gerar eletricidade e calor.

3.1 Eco-indicador 99

O Eco-indicador foi criado em 1995 (Eco-indicador 95) com a ideia de ajudar os engenheiros e os *designers* a ter um melhor método de estimar o impacto ambiental dos seus produtos. Usando este método pode-se comparar diferentes categorias. No entanto,

para uma melhor percepção das condições europeias este foi atualizado para a versão Eco-indicador 99. Os eco-indicadores são números que expressão o total do impacte ambiental de um produto ou processo. O Eco-indicador 99 é medido em pontos (Pts), e para ter uma melhor percepção, 1000 Pts representam o impacte ambiental que um cidadão europeu durante um ano [32].

O Eco-Indicador 99 pode ser dividido em três categorias ambientais:

1. **Saúde humana:** O ser humano, no presente e no futuro, não deveria ser afetado por doenças, incapacitação ou morte provocadas por danos ambientais.
2. **Qualidade dos ecossistemas:** As espécies não-humanas não deveriam sofrer alterações inoportunas das suas populações ou da localização dos seus *habitats*.
3. **Recursos naturais:** os recursos naturais essenciais para suportar a sociedade humana deveriam estar disponíveis para as gerações futuras [25].

Cada uma destas categorias anteriormente subdivide-se em subcategorias, como será explícito a seguir:

Saúde humana

- Carcinogenia (consiste nos efeitos cancerígenos provocados pela emissão de substâncias para o ar, água e solo, sendo expresso em DALY/kg emissão). A unidade que quantifica os danos ambientais na saúde humana, é o **DALY** (*Disability-Adjusted Life Years* - número de anos equivalentes de incapacidade). Com uma escala a variar entre 0 (indivíduo perfeitamente saudável) e 1 (morte do indivíduo), esta escala pondera o tempo durante o qual um tipo de incapacidade afeta um indivíduo. Por exemplo se certas substâncias causam cancro e se estes anteciparem em 1 ano a morte do indivíduo, então é quantificado com DALY igual a 1. Se por outro lado um tipo de cancro antecipar a morte do indivíduo em 5 anos em relação à sua esperança média de vida, temos que este contribui com 5 DALY [25].
- Efeitos respiratórios orgânicos (danos respiratórios provocados pela poluição no verão devido às emissões de substâncias orgânicas para o ar, provocando danos no sistema respiratório, sendo expresso em DALY / kg emissão).
- Efeitos respiratórios inorgânicos (danos respiratórios causados pela poluição de inverno de poeiras, enxofre e óxidos de azoto para a atmosfera, sendo expresso em DALY/kg emissão).
- Alterações climáticas (danos, medidos em DALY / kg de emissão, resultantes de um aumento de doenças e mortes causadas pela mudança do clima). As

alterações climáticas podem resultar em efeitos adversos nos ecossistemas, na saúde humana e nos materiais. As alterações climáticas estão relacionadas com as emissões dos gases de efeito de estufa para a atmosfera. Os gases mais significativos que influenciam nas alterações climáticas são o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO), o clorofórmio, os CFC's e o metano (CH_4).

- Radiação ionizante (danos, medidos em DALY / kg emissão, resultantes da radiação radioativa).
- Diminuição da camada do ozono (danos expressos em DALY / kg emissão, devido ao aumento de radiação UV proveniente dos produtos que provocam a diminuição da camada do ozono) [32].

Qualidade dos ecossistemas

- Ecotoxicidade (danos provocados na qualidade dos ecossistemas, como resultado da emissão de substâncias tóxicas para o ar, água e solo, expresso em $\text{PAF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ano} / \text{kg}$ emissão). Para os problemas relacionados com a qualidade dos ecossistemas, este indicador dá-nos a fração de espécies que desaparece por ano numa determinada área, **PDF** – *Potentially Disappeared Fraction* (fracção de potencial desaparecimento) ou quando existe a emissão de substâncias tóxicas pode-se quantificar em **PAF** – *Potentially Affected Fraction* (fracção de potencialmente afetados), como sendo a percentagem de espécies submetidas a concentrações que causam problemas para as espécies.
- Acidificação/Eutrofização (danos na qualidade do ecossistema como resultado de substâncias ácidas para a atmosfera, sendo expresso em $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ano} / \text{kg}$ emissão).
- Ocupação dos solos (danos causados pela ocupação de terrenos, os estragos são medidos em $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ano}$) [32].

Recursos naturais

- Recursos minerais (excesso de energia expresso em MJ por kg de mineral ou minério, como resultado da diminuição dos graus de minério).
- Combustíveis Fósseis (excedente de energia em MJ, kg ou m^3 de combustíveis fósseis, como resultado da baixa qualidade dos recursos) [32]. Os combustíveis fósseis tem grandes percentagens de carbono e incluem o gás natural, o crude e o carvão mineral.

O Eco-indicador 99 classifica os recursos naturais não renováveis em dois tipos: recursos minerais e combustíveis fósseis. A finalidade desta avaliação consiste em quantificar o esgotamento dos recursos, mas não é expresso em anos pois este valor ainda não está disponível e porque depende do valor que se está disposto a pagar pela extração da natureza. Existe primeiro a extração dos recursos que se encontram mais facilmente acessíveis, deixando os de menor qualidade para o futuro. Assim, à medida que as jazidas deste tipo de recursos começam a ficar mais escassas, começa a ser preciso despende mais energia para obter para a mesma quantidade de recursos. O eco-indicador fornece um meio de quantificação do uso de recursos naturais, como sendo a energia adicional (em MJ) que é necessário consumir por quilograma de recursos extraídos da natureza [25].

A avaliação feita pelo eco-indicador visa definir os fatores de ponderação entre diferentes temas ambientais aplicando-os de modo a ter um indicador único, sendo este responsável por quantificar o desempenho ambiental associado ao produto ao longo da sua vida. Para conceber o peso de ponderação que os impactos ambientais têm é considerado um método no qual são colocadas questões de âmbito ambiental e da sua importância relativa.

Perspetivas de avaliação

A sensibilidade na fase de avaliação depende de diferentes tipos de perspetivas:[25]

1. Perspetiva hierárquica (H)

Há uma visão equilibrada entre curto e longo prazo, sendo os impactos ambientais importantes quando existe consenso sobre os seus efeitos. Acredita-se no papel da tecnologia para resolver os problemas ambientais e aceita o risco na tomada de decisão [25].

2. Perspetiva igualitarista (E)

A visão a longo prazo prevalece à de curto prazo. As questões ambientais são importantes e considera-se que podem conduzir a catástrofes sendo por isso adotado o princípio da precaução. A tecnologia não resolve os problemas a longo prazo, acredita no bom senso do homem e não aceita o risco na tomada de decisão [25].

3. Perspetiva individualista (I)

A visão a curto prazo prevalece à de longo prazo, sendo importantes os impactos que afetem o homem e os danos são recuperáveis através do desenvolvimento tecnológico e económico. Acredita-se na capacidade de descoberta do homem e na tomada de decisão [25].

4. Metodologia e Métodos

Para a realização desta Dissertação foi necessário fazer uma pesquisa bibliográfica para conhecer os materiais usados e as opções disponíveis no mercado de modo a desenvolver os diferentes cenários. Avaliar e estudar alternativas para conhecer as potenciais melhorias no ciclo de vida de uma bicicleta foram os pontos essenciais. O fluxograma a baixo (figura 16) apresenta as etapas por onde passou esta Dissertação e o quadro 1 a calendarização do plano de trabalho para a realização dessas etapas.

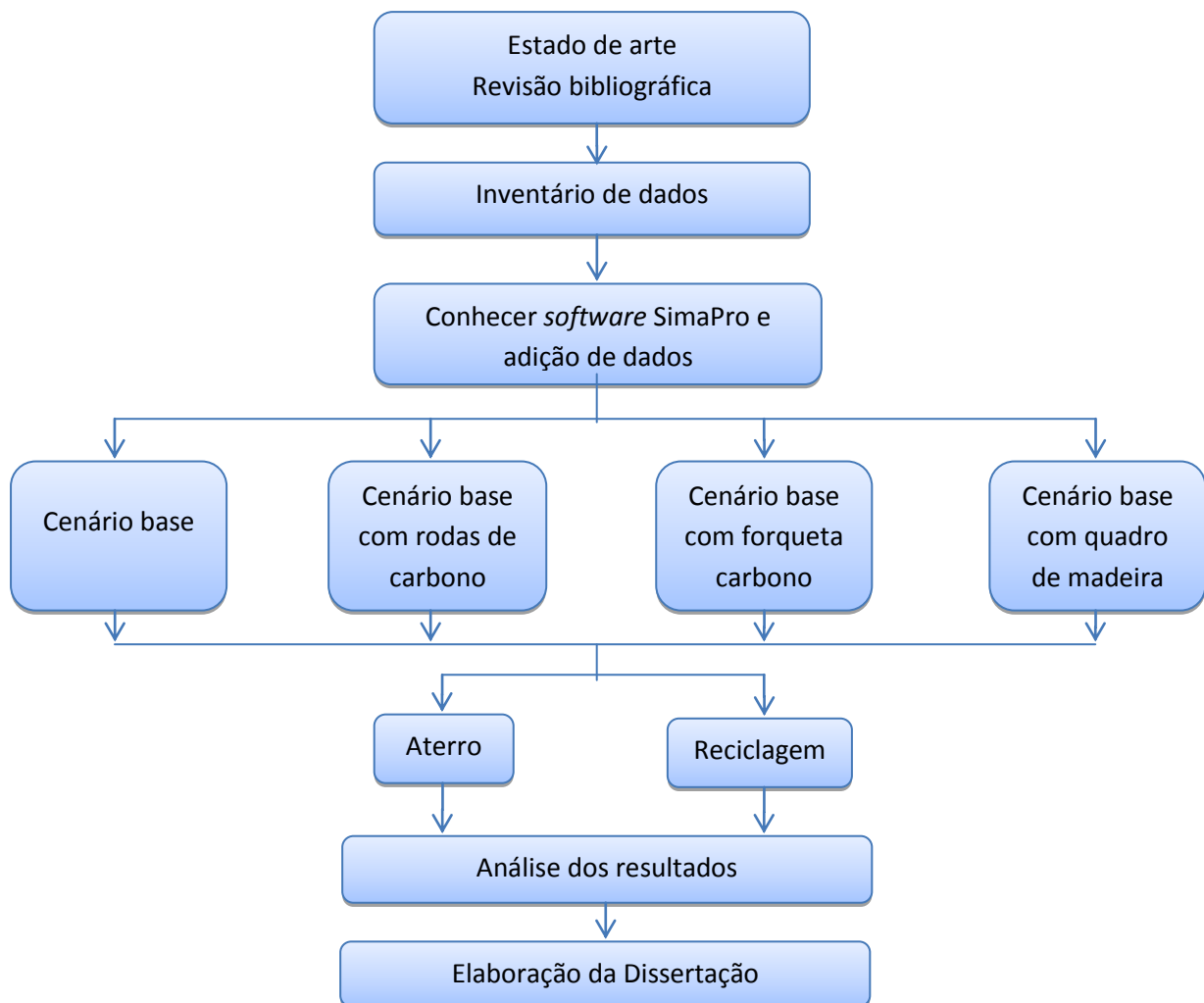


Figura 16: Fluxograma do plano de trabalho da Dissertação

Tarefa	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Revisão bibliográfica									
Pesquisa de informação sobre bicicletas									
Análise de ciclo de vida de uma bicicleta- caso de estudo									
Estabelecimento de cenários alternativos									
Escrita da Dissertação									

Quadro 1: Calendarização do plano de trabalho da Dissertação

A metodologia desenvolvida nesta Dissertação baseia-se na ACV, de forma a caracterizar e analisar um conjunto de entradas e saídas dos processos e materiais da bicicleta e dessa forma verificar o seu impacte ambiental. Sendo assim, importa conhecer os materiais utilizados para a produção da bicicleta, os cenários alternativos, a seleção do tipo de eco-indicador, a descrição do processo produtivo, do processo de transporte e por último as etapas do *software* que agrupa e processa todas estas informações, o SimaPro.

4.1 Objeto de estudo e cenários

Para fazer a análise do ciclo de vida a unidade funcional considerada foi **uma bicicleta**, correspondente à unidade de mobilidade de 2850 km (um utilizador a pedalar 95 km por ano, durante 30 anos). Pretendeu-se então fazer uma avaliação dos impactes ambientais de uma bicicleta de montanha com o quadro em aço de baixa liga. Considerou-se um período de utilização de 30 anos, em Portugal (baseando para isso nas estatísticas da média dos quilómetros, 95 km para o caso nacional [33]) e em que durante este tempo foi feita a manutenção dos componentes (substituição dos componentes mais suscetíveis ao desgaste por novos bem como a lubrificação). Baseando na avaliação da produção do cenário base ("*Cradle-to-Gate*"), observou-se quais os três componentes que mais impacte causavam e procuraram-se alternativas existentes no mercado para diminuir esses impactes. As condições de manutenção foram iguais para todos os cenários, independentemente do tipo de materiais utilizados. Com isto pretendeu-se dar a conhecer qual a forma mais eficiente a nível energético de produzir uma bicicleta e a forma de tratar os resíduos. Com a ajuda do *software* SimaPro avaliaram-se os impactes na categoria de *fossil fuels* (combustíveis fósseis) e na categoria *climate change* (alterações climáticas) com a ajuda do Eco-indicador 99 H V2.06 (perspetiva hierárquica), uma vez que a presente Dissertação se focaliza na componente energética do produto. Dentro da categoria de alterações climáticas foram analisadas as contribuições dos gases

CO₂ e metano (principais responsáveis pelas alterações climáticas). Na categoria dos recursos fósseis foram analisados os consumos de gás natural e crude.

Cenário 1

O cenário 1 é considerado o cenário base. Foi utilizado como fonte o inventário de dados relativo à construção das bicicletas do evento WBT (*World Bike Tour*), que decorreu no Porto no dia 31 de julho de 2010. A bicicleta em questão é uma bicicleta convencional de montanha em quadro de aço de baixa liga. Com recurso às fichas técnicas existentes no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, foi possível obter o inventário da bicicleta em questão.

Os componentes que constituem uma bicicleta encontram-se descritos na figura 17 bem como a posição que ocupam na sua montagem.



Legenda:

1	Quadro	14	Travões de trás
2	Forqueta	15	Pneu + camara de ar + fita do aro
3	Travão da frente	16	Raios
4	Caixa direção	17	Carreto (6v)
5	Manetes	18	Mudanças trás
6	Haste	19	Corrente
7	Manípulos mudanças	20	Bloco
8	Punhos	21	Pedaleira
9	Avanço	22	Pedais
10	Cabos aço	23	Cubo
11	Blocagem selim	24	Blocagem
12	Espigão selim	25	Aro
13	Selim	26	Desviador

Figura 17: Bicicleta *World Bike Tour* [34]

Nos quadros 2 a 4 estão descritos os conjuntos em que foram agrupados os diferentes componentes, bem como as suas quantidades, a sua massa, o tipo de material e o tipo de processo associado a cada componente, sendo estes valores referentes à construção de uma unidade de produto acabado [34].

Conjunto	Componentes	Quantidade (unidades)	Massa por unidade (kg)
Guiador	Haste	1	0,5
	Avanço	1	0,5
	Manetes	2	0,3
	Manípulos mudanças	2	0,1
	Cabos aço	4	0,01
	Espiral	4	0,15
	Punho	2	0,02
Corpo	Quadro 26"	1	7
	Caixas direção	1	0,01
	Corrente_108L	2	0,5
	Travões (trás)	2	0,1+0,01
	Desviador	1	0,15
	Mudanças trás (6V)	1	0,3
Forqueta	Garfo 26"	1	2
	Borboleta	1	0,006
	Anilhas de direção	5	0,005
	Travões (frente)	2	0,1+0,01
Centro Pedaleiro	Bloco	1	0,175
	Pedaleira	1	1,350
	Pedal	2	0,08
Assento	Selim	1	0,25
	Espigão de selim	1	0,09
	Blocagem do selim	1	0,024
Rodas	Pneus 26"	2	0,5
	Camara de ar 26"	2	0,1
	Fita do aro 26"	2	0,016
	Carreto (6V)	1	0,3
	Aro 26"	2	0,4
	Raios	72	0,06
	Cubos	2	0,3
	Blocagem	2	0,1
	Protetor de raios	1	0,0012

Quadro 2: Conjuntos, componentes e respectivas quantidades e massa [34]

Componentes	Material
Haste	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Avanço	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Manetes	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Manípulos mudanças	Não metálico_polímeros_termoplásticos_amorfos_policarbonato
Cabos aço	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Espiral	Não metálico_polímeros_termoplásticos_amorfos_polipropileno
Punho	Não metálico_polímeros_termoplásticos_amorfos_PA (poliamida)
Ponteiras/terminais	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Quadro 26"	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Caixas direção	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Corrente_108L	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Travões (trás)	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio + borracha sintética
Desviador	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Mudanças trás (6V)	Não metálico_polímeros_termoplásticos_amorfos_polipropileno
Garfo 26"	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Borboleta	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Anilhas de direcção	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Travões (frente)	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio + borracha sintética
Bloco	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Pedaleira	Não metálico_polímeros_termoplásticos_PVC
Pedal	Não metálico_polímeros_termoplásticos_amorfos_polipropileno + ligas alumínio
Selim	Não metálico_polímeros termoendurecíveis_elevada reticulação (poliuretano)
Espigão de selim	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Blocagem do selim	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Pneus 26"	Não metálico_borracha sintética (poliisopreno)
Camara de ar 26"	Não metálico_polímeros termoendurecíveis_baixa reticulação_latex
Fita do aro 26"	Não metálico_polímeros termoendurecíveis_baixa reticulação_borracha
Carreto (6V)	Metal_ligas ferrosas_aços de liga
Aro 26"	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Raios	Metal_ligas não ferrosas_ligas leves_ligas de alumínio
Cubos	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga
Blocagem	Metal_ligas ferrosas_aços de liga_aço baixa liga

Quadro 3: Componentes e material em que foram produzidos [34]

Componentes	Processo de fabrico
Haste	Corte com formação de apara + dobragem
Avanço	Corte com formação de apara + roscagem
Manetes	Conformação_fundição
Manípulos mudanças	Moldação_termoformação
Cabos aço	Corte_torção
Espiral	Moldação_extrusão
Punho	Moldação_injecção
Ponteiras/terminais	Conformação_fundição por pressão
Quadro 26"	Extrusão_corte com formação de apara + dobragem + soldadura
Caixas direção	Conformação_fundição
Corrente_108L	Moldação_extrusão + corte de chapa
Travões (trás)	Conformação_fundição + vulcanização
Desviador	Conformação_fundição
Mudanças trás (6V)	Conformação_fundição + moldação_injecção
Garfo 26"	Corte com formação de apara + soldadura
Borboleta	Corte com formação de apara
Anilhas de direcção	Conformação_fundição
Travões (frente)	Conformação_fundição + vulcanização
Bloco	Corte com formação de apara
Pedaleira	Conformação_fundição + corte com formação de apara + roscagem
Pedal	Moldação_injecção + roscagem
Selim	Moldação_injecção
Espigão de selim	Corte com formação de apara + conformação_laminagem
Blocagem do selim	Corte com formação de apara + dobragem
Pneus 26"	Vulcanização
Camara de ar 26"	Moldação_sopro + roscagem
Fita do aro 26"	Corte + colagem
Carreto (6V)	Conformação_fundição
Aro 26"	Moldação_extrusão + corte + dobragem
Raios	Corte com formação de apara + dobragem
Cubos	Torneamento
Blocagem	Corte com formação de apara + dobragem

Quadro 4: Componentes e processos de produção dos mesmos [34]

Partindo da medição da solda existente nas juntas de uma bicicleta de montanha, com uma estrutura parecida à que se teve acesso no inventário e fazendo o somatório de todos os troços de solda, foi considerado o uso de 1,44 m de cordão de solda. O tipo escolhido foi soldadura por MAG (soldadura que utiliza um gás ativo como proteção, CO₂, e é comum para soldar diferentes tipos de aço). Foi considerado que só houve soldadura na forqueta, no quadro da bicicleta (na união dos tubos) e no guiador (juntando a haste ao avanço).

Propriedades do alumínio e do aço

Os alumínios caracterizam-se por diferentes séries desde as séries 1XXX até às 9XXX. No entanto as mais comuns nas bicicletas são as de série 6XXX (elementos dominantes: magnésio e silício) e a 7XXX (elemento dominante: zinco), particularizando o 6061 e 7005[35]. O alumínio 6061-T6 define-se com um módulo de elasticidade de 68,9 GPa, coeficiente de Poisson 0,33 e resistência à tração (24°C) de 310 MPa. O alumínio 7005-T6 apresenta um módulo de elasticidade de 72 GPa, resistência à tração de 350 MPa e um coeficiente de Poisson 0,33 [33,34]. O alumínio considerado foi o 6061

O aço é outro dos materiais mais utilizados para a construção dos quadros de bicicletas. Este é constituído maioritariamente por átomos de ferro e depois por outros elementos de liga. O aço 4130 é comum na indústria das bicicletas apresenta 0,28-0,33% de carbono, 0,4 -0,6% de manganésio, 0,8-1,1% de crómio, 0,15-0,25% de molibdénio, 0,04% de fósforo, 0,04 de enxofre e 0,2-0,35% de silício. O aço destaca-se dos outros materiais pelo seu elevado módulo de Young 206,8 GPa, ao passo que a liga de titânio Ti3Al-2V apresenta valores de 106,86 GPa e o alumínio 6061 apresenta 68,9 GPa como já foi visto acima, no entanto a sua densidade é superior à destes materiais, o que implica um maior esforço por parte de quem utiliza (aço 4130 apresenta 7 833,4 kg / m³ e alumínio 6061: 2 712,6 kg / m³) [38].

Cenário 2

Sugeriu-se a alteração dos aros em alumínio da bicicleta do cenário base para um conjunto de aros e raios em fibra de carbono (visíveis na figura 18), com cerca de 1061,1 g o par. Neste cenário todos os outros componentes da bicicleta foram mantidos. Foi escolhido a fibra de carbono por ser um material que atualmente é bastante comum nos praticantes de ciclismo. Os dados referentes a estas informações foram adquiridos na loja PernaLonga em Aveiro



Figura 18: Aros e raios em fibra de carbono

Propriedades da fibra de carbono

As fibras de carbono mais comuns são produzidas em fibra de acrílico (PAN), que recebe tratamentos térmicos, químicos, mecânicos e um processo de carbonização até chegar ao que se conhece no dia-a-dia. Durante o processo de carbonização é possível haver libertação de amónia e cianureto de hidrogénio, que são prejudiciais para a saúde humana. Existe também a formação de monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido nítrico e VOC no processamento da fibra de carbono, sendo que são poluentes que afetam ao nível ambiental. Quanto à resistência mecânica pode-se encontrar fibras de carbono com um módulo elástico entre 200-900GPa e com uma resistência à tração entre 2,5-7GPa [36,37,38].

Cenário 3

Para este cenário foi também alterado um componente para fibra de carbono. Neste caso, passando da forqueta de aço, para uma forqueta de fibra de carbono de roda 26'' com cerca de 595g (figura 19), todos os outros componentes foram mantidos. Os dados desta informação também provêm da loja PernaLonga em Aveiro.



Figura 19: Forqueta de fibra de carbono

Cenário 4

Este cenário pretendeu simular o uso de um material biodegradável na bicicleta. Foi desta forma que se simulou a substituição do quadro de aço para um quadro de madeira de faia de 6 kg.

A madeira de faia apresenta valores de tensão de rutura entre 3,5 e 150MPa [42].

Foi ainda necessário material metálico para agregar o quadro de madeira ao resto da bicicleta. Uma testa frontal que sustenta a ligação entre o guiador e a forqueta com jante/pneu integrada, um esqueleto central que une o selim ao jogo pedaleiro e dois *drops* traseiros (que permitem o aperto da roda traseira e a integração dos sistemas de

travagem), que perfazem um total de 1,8 kg em aço. Os dados fornecidos para este cenário foram fornecidos pelo Nuno Zamaro, da empresa Wise-U.

4.2 Realização da ACV: processo produtivo da bicicleta

Os componentes chegam à empresa e são agrupados em diferentes grupos de trabalho. Estes entram na linha de montagem com uma determinada sequência e à medida que passavam pelos diferentes postos de trabalho, são montados manualmente a outros componentes.

Para uma melhor percepção dos resultados da ACV, foi importante compreender também as etapas de montagem para que uma unidade de produto acabado (bicicleta) seja concluída. A figura 20 apresenta a árvore do produto, onde estão identificados os diferentes conjuntos que compõem o produto final – bicicleta [34].

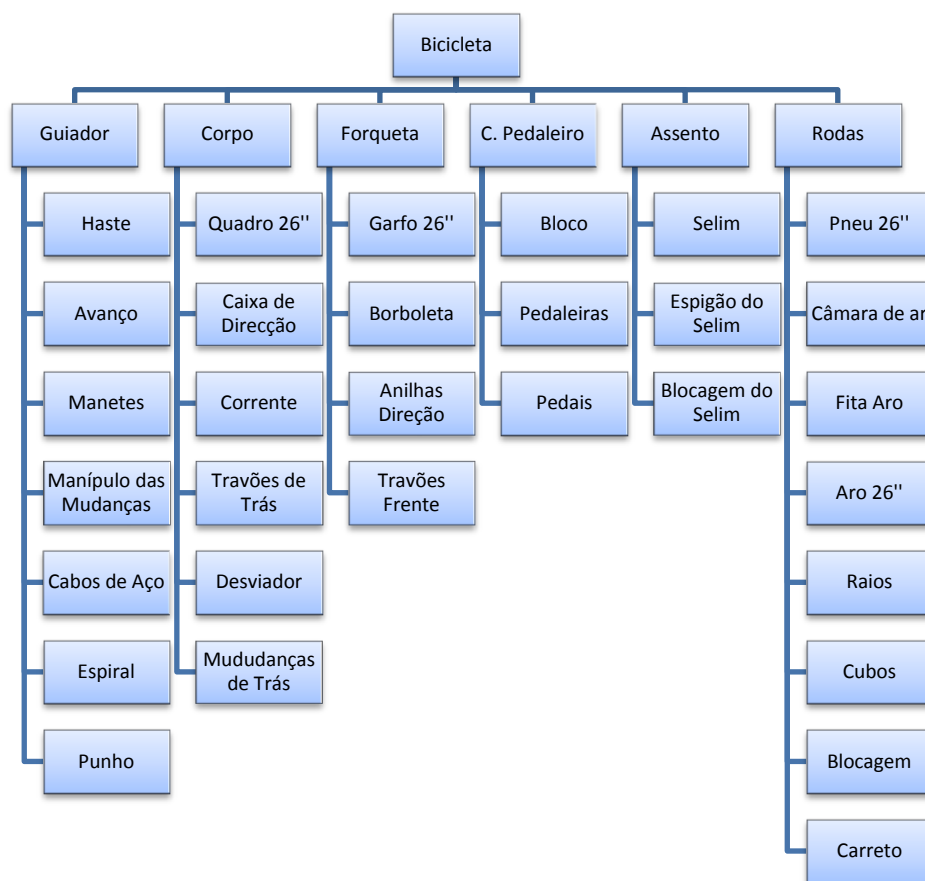


Figura 20: Bicicleta e seus componentes [34]

4.3 Realização da ACV: processo de transportes dos componentes

O transporte dos componentes foi outra informação importante uma vez que o consumo de combustíveis fósseis, bem como a poluição que estes causaram é relevante e é considerada na ACV do produto final.

Os componentes para a montagem da bicicleta foram provenientes da China do porto de Yangshan, sendo transportados 18 275 km por via marítima (cargueiro oceânico) até ao porto de Leixões em contentores. Posteriormente seguiram num veículo pesado de mercadorias (16 Ton., EURO 4) percorrendo cerca de 90 km, desde Leixões até à Zona Industrial da Mota, na Gafanha de Encarnação (sede da empresa de montagem).

O selim era proveniente de Águeda, e foi transportado num veículo pesado de mercadorias (16 Ton., EURO 4) até às instalações da linha de montagem percorrendo cerca de 60 km.[34]. O tipo de veículo considerado foi um veículo pesado de mercadorias (16 Ton. EURO 4) por ser um transporte adequado para a situação em causa.

As informações para a simulação dos componentes usados nas substituições (como as rodas de carbono, a forqueta de carbono e os travões de disco) foram provenientes de uma loja de materiais desportivos de Aveiro, percorrendo cerca de 10,1 km, sendo usado para seu transporte um veículo pesado de mercadorias (16 Ton., EURO 4).

O quadro da bicicleta de madeira fez cerca de 33,3 km desde a sede da empresa em Águeda até às instalações da empresa de montagem através de um veículo pesado de mercadorias (16 Ton., EURO 4). Os dados relativos aos km das substituições são provenientes da ferramenta de auxílio: Google Maps [43].

4.4 Realização da ACV: processo de manutenção e fim de vida

Nestes cenários pretendeu-se simular o que acontecia às bicicletas no caso de se avaliar a variante “*Cradle-to-Grave*” (produção, uso, manutenção e destino final dos resíduos). Para isso foi considerado a manutenção e o uso dos cenários referidos anteriormente durante um período de utilização. Foi estimado que os componentes teriam um certo desgaste sendo preciso substituí-los consoante o seu uso [44]. Com base no conhecimento da empresa Orbita (empresa que produz bicicletas do distrito de Aveiro) foi estimado que as bicicletas duram em média cerca de 30 anos, no entanto este valor pode variar consoante cada utilizador e o tratamento que leva cada bicicleta. Segundo as estatísticas do IMOB (The Transportation Research Institute) da Universidade de Hasselt - Bélgica [33], um ciclista efetua por ano em Portugal cerca de 95 km, o que traduz em cerca de 2 850kms ao fim de 30 anos. O quadro 5 mostra o número de quilómetros a que os componentes mais suscetíveis ao desgaste estão sujeitos e o número de vezes que devem ser alterados para um tempo de vida de 30 anos [44].

Componente (substituição a cada "X" km)	Portugal (nº trocas componentes em 2 850 km)
Corrente (800 km)	4
Calços travões (1 000 km)	3
Pneus (2 000 km)	2
Câmara-de-ar (2 000 km)	2
Carreto (2 000 km)	2
Mudanças de trás (10 000 km)	1
Aro (10 000 km)	1
Pedaleira frente (10 000km)	1

Quadro 5: Número de substituições dos componentes das bicicletas

Relativamente à lubrificação da corrente e rolamentos, foi estimado que usando um produto apropriado para o efeito seria possível fazê-la com aproximadamente 1 L [45].

Quanto às possibilidades de tratamento dos resíduos das bicicletas podem ser: reciclagem, aterro, reutilização e inceneração. No entanto esta Dissertação foca-se essencialmente na reciclagem e no aterro.

Reciclagem dos materiais

Quando se fala do fim de vida da madeira esta pode ser reusada para fins com o mesmo propósito ou a nível de reciclagem, construindo aglomerado de madeira, o que permitirá prolongar o tempo de vida da madeira em questão [46].

Quanto à reciclagem do alumínio é um processo bastante atrativo economicamente. Para produzir o alumínio reciclado é utilizada menos energia do que produzir alumínio a partir de matérias-primas. O custo de produção do alumínio a partir do minério acarreta custos elevados pois é difícil extrair o alumínio da sua forma de óxido. Por outro lado, é estimado que para produzir alumínio a partir da sucata tem um preço menor e requer apenas 5% da energia necessária para produzir a mesma quantidade a partir do minério [47]. O alumínio quando é reciclado não perde as suas propriedades originais. Com isto pode ser usado e reciclado inúmeras vezes. Atualmente os produtos em alumínio são produzidos 65% a partir do minério e 35% de alumínio reciclado [48]. Com os coletores de sucata é possível recolher as sobras do aço da produção bem como o aço antigo e inútil. Em 2012 a produção mundial de aço foi de cerca de 1547 Mton. Na Europa Ocidental no mesmo ano a produção do aço foi entre 50-55% proveniente das sucatas. A produção do aço proveniente das sucatas produz menos emissões de CO₂ e consome menos energia [49].

A reciclagem dos compósitos é uma tarefa difícil pois a sua composição complexa (fibras, matrizes), uso de resinas e a combinação com outros materiais torna difícil fazer a sua separação. Na sua maioria o desperdício da fibra de carbono é encaminhado para aterros, o que é insatisfatório a nível ambiental, económico e até mesmo legal. No entanto a

reciclagem da fibra de carbono tem sido alvo de atenção nos últimos 15 anos, não só pelos investigadores, mas também pela indústria como o European Composite Recycle Service Company. O processo de reciclagem pode ser mecânico ou termoquímico, dependendo de como é desagregado o compósito (moído, triturado ou esmagado). As aplicações mais comuns dos compósitos reciclados mecanicamente pode ser a sua incorporação em novos compósitos que servirão como material de enchimento ou de resistência ou também na indústria de construção [49].

4.5 O *software* de ACV - SimaPro

O SimaPro é um *software* desenvolvido pela empresa holandesa, Pré Consultants, que desenvolve avaliações de ciclo de vida. Estas avaliações tornam-se importantes no apoio à decisão, no entanto dependem da qualidade e do desenvolvimento de bases de dados mais abrangentes, que permitam aplicar a técnica a um conjunto mais vasto de produtos e serviços. É uma importante ferramenta na recolha de informação, análise e monitorização da sustentabilidade de produtos e serviços. Com este *software* pode-se analisar complexos ciclos de vida e quantificar os impactes ambientais ao longo das suas etapas, identificando-se os principais aspetos que afetam o ciclo de vida, desde a extração dos materiais, ao seu processamento, distribuição, uso e destino final.

O tipo de análise feita depende da qualidade das bases de dados usadas na análise dos modelos de ciclo de vida, por isso este *software* conta com um conjunto das mais variadas bases de dados, podendo ser consultadas em qualquer parte da análise. Para este projeto foram usadas as bases de dados Ecoinvent data v2.06 e ETH-SEU 96 consoante o tipo de material necessário no programa.

Após a seleção de um componente do inventário, foi-lhe atribuído o material e os processos que permitem produzir esse componente, conforme ilustrado na figura 21. Muitos dos processos escolhidos já incluem outros subjacentes (por exemplo, quando se trata de soldadura, além do consumo do eletrodo já é considerado um valor médio do consumo de eletricidade durante esse processo).

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Steel low alloy ETH U	7	kg	Undefined			
(Insert line here)						

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Steel product manufacturing, average metal working/RER U	7	kg	Undefined			
Welding, arc, steel/RER U	1,44	m	Undefined			solda total das juntas
(Insert line here)						

Figura 21: Definição dos principais elementos do ciclo de vida dos componentes da bicicleta

Seguidamente os diferentes componentes do produto final são agrupados em *sub-assemblies*, como se pode visualizar na figura 22. O transporte dos componentes desde o local de origem até à fábrica de montagem final foi considerado nesta altura.

Nome	Imagem	Comentário
Rodas		
Estado	Terminado	

Materiais/Montagens	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SEMin	Máx	Comentário
pneus 26"	1	p	Indefinido			
camara-de-ar 26"	1	p	Indefinido			
fita do aro 26"	1	p	Indefinido			
carreto 6V	1	p	Indefinido			
aro 26"	1	p	Indefinido			
raios	1	p	Indefinido			
cubos	1	p	Indefinido			
blocagem	1	p	Indefinido			
protector de raios	1	p	Indefinido			
(Insira linha aqui)						

Processos	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SEMin	Máx	Comentário
Transport, lorry 16-32t, EURO4/RER 5	1012,788	kgkm	Indefinido			veiculo pesado mercadorias
Freighter oceanic ETH U	205652,2	kgkm	Indefinido			cargueiro oceânico
(Insira linha aqui)						

Figura 22: Caracterização dos *sub-assemblies*

Os *sub-assemblies* foram então agregados no *assembly* final e depois foram analisados através do comando que está assinalado com um círculo vermelho na figura 23 de modo a serem obtidos os quadros e os gráficos com a análise dos impactes ambientais.


Name	Analyse	Project	Status
Bicicleta		bicicleta_teste	

- Product stages
 - Assembly
 - componentes bike
 - sub assembly
 - bicicleta WBT
 - novas bikes
 - ANGEL
 - corpo
 - bike_wood_f
 - bikeforquetacarbonc
 - subassemblyfork
 - rodas carbono bike
 - subassembly rod
 - Others
 - Life cycle
 - Others
 - Disposal scenario
 - Others
 - Disassembly
 - Others
 - Reuse

Figura 23: Caracterização do *assembly* principal, relativo ao fabrico da bicicleta

O destino final, bem como a utilização da bicicleta, são retratados na figura 24. Para a utilização foi necessário considerar a unidade de mobilidade de 2850 km.

Nome: bicicleta_WBT_reciclagem

Imagem: 

Comentário:

Estado: Terminado

Montagem	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SCMin	Máx	Comentário
Assembly bicicleta WBT	1	p	Indefinido			

Processos	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SCMin	Máx	Comentário
Biking	2850	km	Indefinido			cycling durante 30 anos
(Insira linha aqui)						

Cenário de destino final/resíduos: bicicleta_destinof_reciclagem


Comentário:

Ciclos de vida adicionais	Número	Distribuição	SD ² ou 2*SCMin	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)					

Figura 24: Programação do cenário de utilização da bicicleta

Para ao destino final foi necessário primeiro desmontar os componentes antes de enviá-los respectivamente para o seu tratamento (reciclagem ou aterro) como está representado na figura 25.

Nome: bicicleta_WBT_reciclagem_desmontagem

Imagem: 

Comentário:

Estado:

Referente à Montagem	Quantidade	Unidade	Comentário
Assembly bicicleta WBT	1	p	

Processos	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SCMin	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)						

Separação de sub-montagens			Comentário
Cenários de destino final	Sub-assembly	Porcentagem	
disposal assento	Assento	100 %	
disposal CP	Centro Pedaleiro	100 %	
disposal Corpo	Corpo	100 %	
disposal Forqueta	Forqueta	100 %	
disposal guiador	Guiador	100 %	
disposal rodas	Rodas	100 %	

Tratamento dos resíduos restantes		Comentário
Cenários de resíduos	Porcentagem	
Recycling only B250 avoided	100 %	

Figura 25: Desmontagem dos componentes e seu destino final

A figura 26 mostra uma das principais utilidades da ACV, a comparação do desempenho ambiental de soluções diferentes que desempenham as mesmas funções. Esta opção é

interessante pois permite comparar diferentes ciclos de vida de diferentes produtos ou serviços.

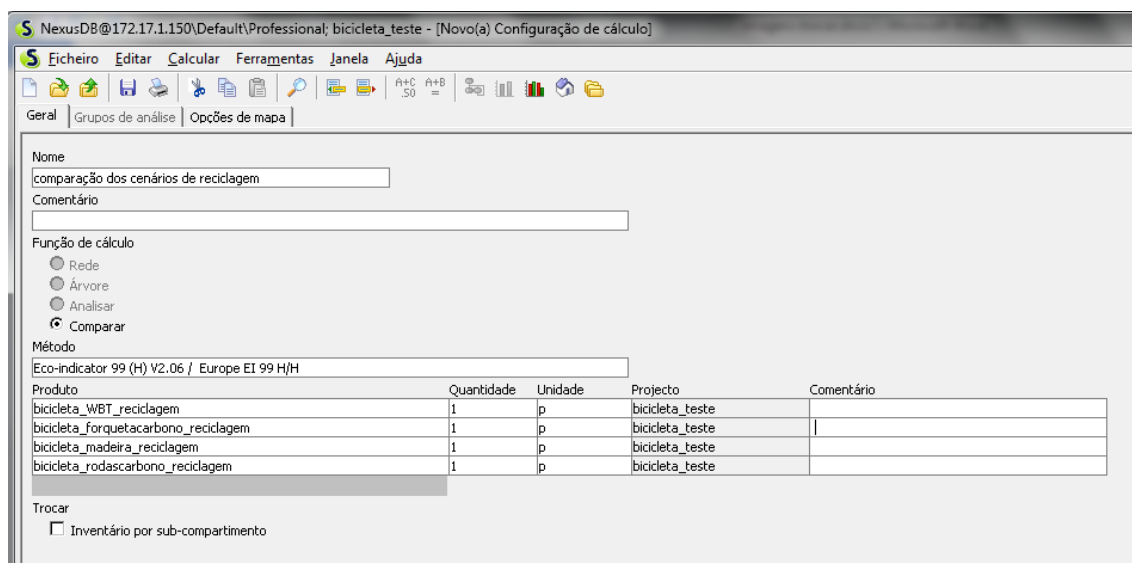


Figura 26: Comparação entre perfis ambientais dos ciclos de vida correspondentes a quatro tipos de bicicletas, considerando o Eco-indicador 99 (H)

Importa também falar sobre o tipo de apresentação dos resultados, que pode ser por quadros, gráficos ou através da árvore de “assembly” (figura 27). Esta última está organizada por caixas de diferentes cores. A caixa amarela representa o processo que define o ciclo de vida, as caixas azuis representam os conjuntos e as caixas cinzentas representam os processos (existentes na base de dados), as caixas roxas representam o processo de tratamento de resíduos e as caixas verdes processos de reutilização. As linhas a vermelho representam as relações que existem entre as diferentes operações e a espessura delas é proporcional ao impacte ambiental acumulado que caracteriza a sequência de processos. De referir que as linhas vermelhas correspondem a impactes ambientais danosos (tendo valores positivos, nesta nomenclatura) e as linhas verdes constituem impactes ambientais evitados, os quais são subtraídos aos impactes ambientais do ciclo de vida (tendo por isso valores negativos). Cada uma destas caixas é acompanhada de uma barra vermelha vertical do lado direito, que representa o valor do eco-indicador do respetivo processo.

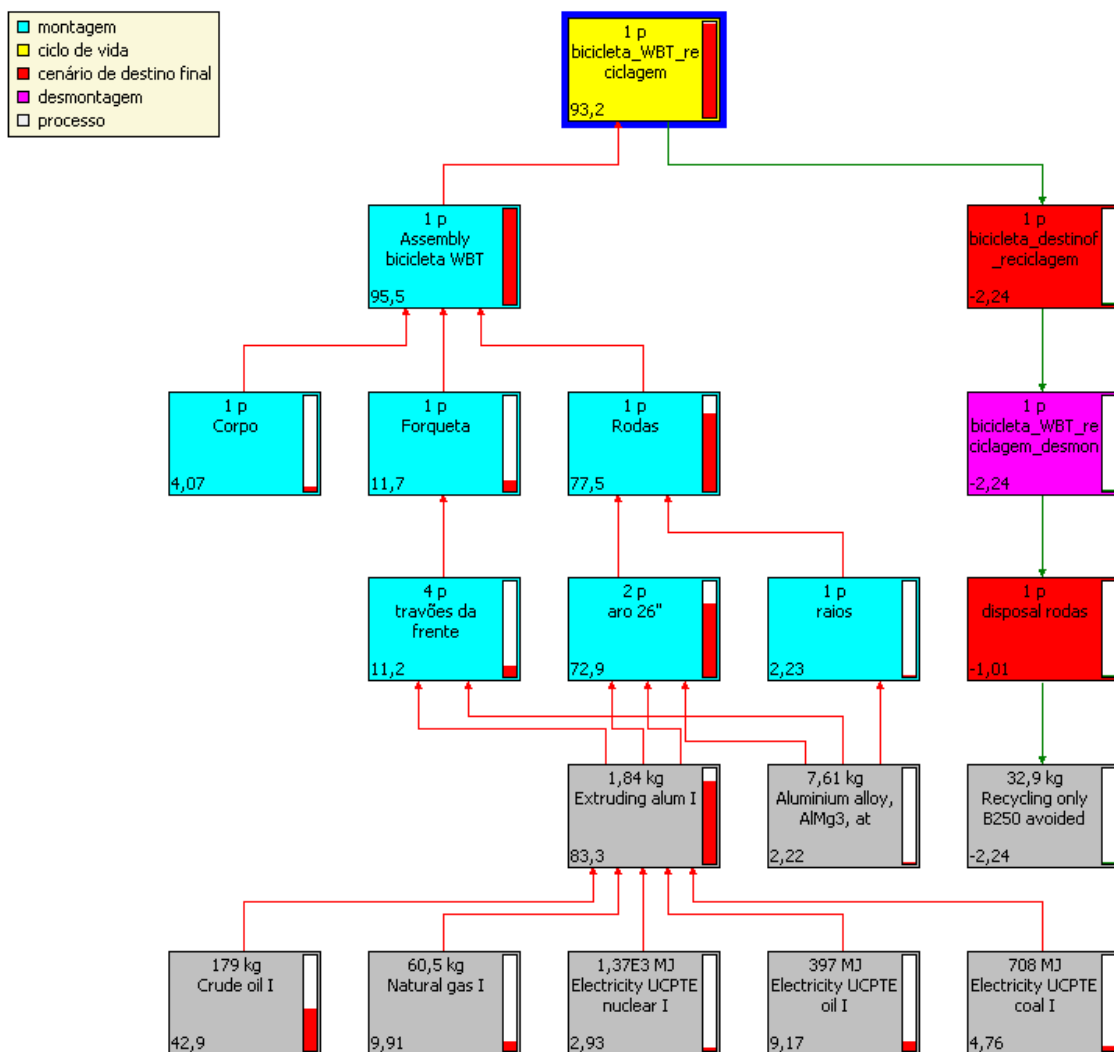


Figura 27: Ciclo de vida da bicicleta e tratamento de resíduos

5. Resultados e sua discussão

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados do *software* SimaPro V7.1, bem como a análise dos mesmos, para o cenário base e para os cenários alternativos. O processo de manutenção será também avaliado, bem como a comparação dos destinos finais das bicicletas. Nos anexos encontram-se informações mais detalhadas de outros gases que influenciam as alterações climáticas e de outros combustíveis utilizados durante a produção ou destino final das bicicletas.

5.1 Cenário base – Análise “*Cradle-to-Gate*”

A figura 28 abaixo dá-nos uma visão geral através da árvore do “*assembly*”, com a pontuação única, uma ponderação dos componentes que são os que tem mais responsabilidade nos impactes ambientais causados pela bicicleta.

No cenário base pretendeu-se avaliar quais os três componentes que mais danos provocam a nível ambiental. Avaliando os pontos, percebeu-se que as rodas com 42 Pts, a forqueta com 3,71 Pts e o corpo com 2,25 Pts são os principais responsáveis pelo impacto ambiental. O caso das rodas justifica-se com o uso da extrusão do alumínio, processo pelo qual foram obtidos os aros. No caso da forqueta e do quadro, são os componentes com maior massa em aço de baixa liga na bicicleta e para se produzirem requerem processos como extrusão, corte com formação de apara e soldadura.

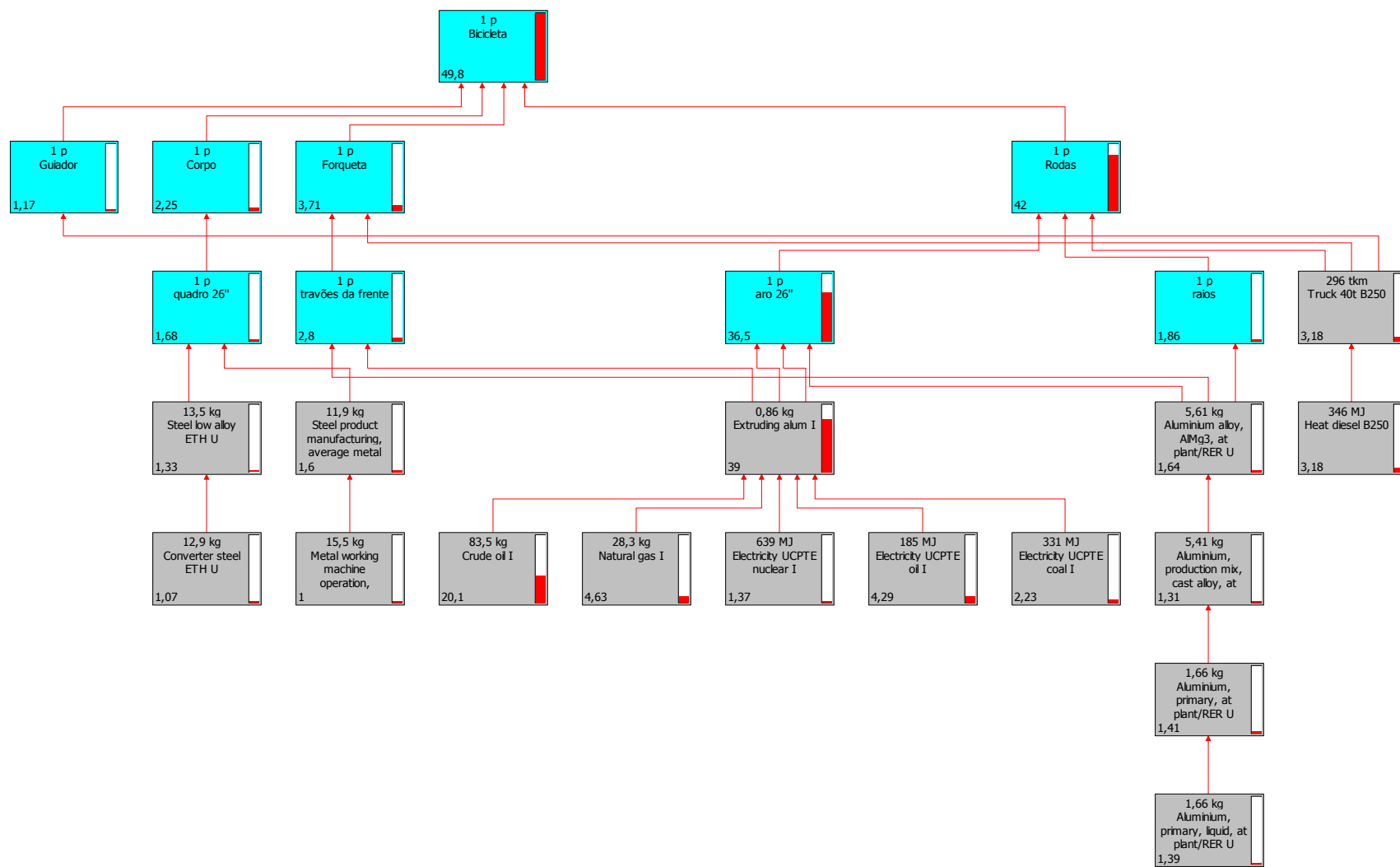


Figura 28: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta WBT - processo de produção

O quadro 6 apresenta os resultados nas unidades DALY e MJ surplus, focando-se nas alterações climáticas e consumo de combustíveis fósseis, respetivamente.

Categoria de impacte	Unid.	Total	Guiador	Assento	Corpo de aço	Forqueta de aço	Rodas de al.	Centro Pedaleiro
Alterações climáticas	DALY	1,43E-04	3,24E-06	4,49E-07	7,88E-06	1,06E-05	1,2E-04	1,54E-06
Combustíveis fósseis	MJ surplus	965,16	20,38	3,61	30,77	70,94	832,04	7,43

Quadro 6: SimaPro: cenário base

No quadro 7 são apresentados os três os principais componentes da bicicleta do WBT, avaliados nas categorias de alterações climáticas e combustíveis fósseis, mas especificando os tipos de gases emitidos e de combustíveis usados. A informação desta tabela será usada mais à frente para a comparação com os diferentes cenários.

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO₂	Metano	Gás natural	Crude
Forqueta de aço	8,26E-07	8,91E-08	2,07	1,63
Quadro aço	2,89E-06	9,94E-08	7,34	5,76
Rodas de alumínio	9,45E-05	2,33E-07	15,50	17,45

Quadro 7: SimaPro: cenário base - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis

A representação do processo de caracterização (figura 29) ilustra a percentagem do valor do impacte ambiental causado ou evitado na fase de produção da bicicleta. Com esta representação é mais fácil de perceber o percentil que cada componente tem na ACV. Para as alterações climáticas, as rodas são responsáveis por 85% da contribuição, segue-se a forqueta com 7% e depois o corpo com 5%. Quanto ao consumo dos combustíveis fósseis as rodas são responsáveis por 87%, seguindo-se a forqueta com 7% e com 2,5% o corpo. Fazendo a observação destes resultados percebe-se a justificação de terem sido as rodas, a forqueta e o corpo os conjuntos selecionados para serem alterados.

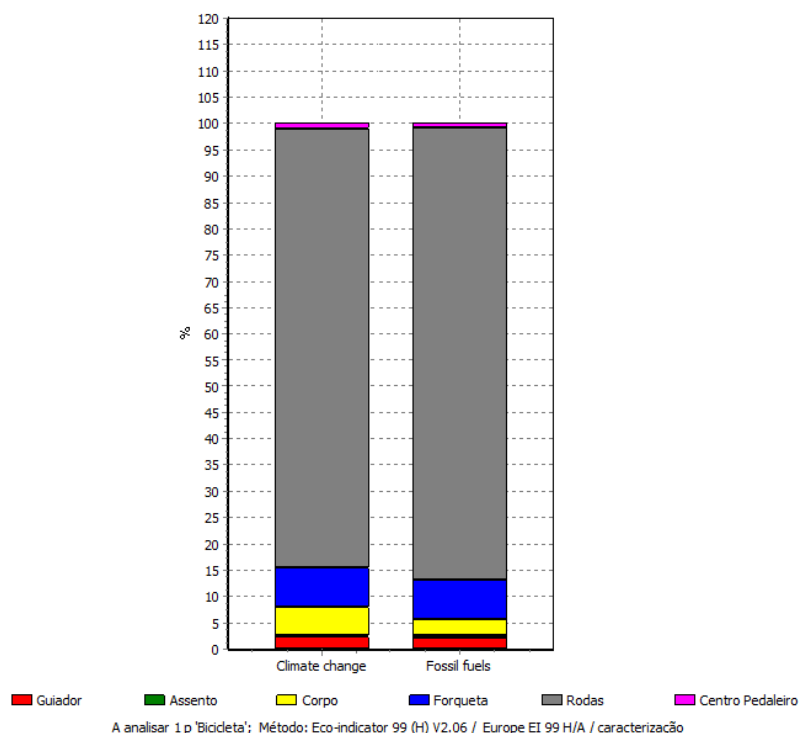


Figura 29: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta do cenário base, relativos à fase de caracterização

5.2 Cenários alternativos – Análise “Cradle-to-Gate”

Cenário 2

Face ao resultado anterior do cenário 1, a primeira alteração feita foi nas rodas (cenário 2), por se tratarem dos componentes com maior contribuição para o impacto ambiental. Dado que a extrusão do alumínio consumia muita energia, procurou-se outro material que tivesse outro método de processamento, a fibra de carbono. O quadro 7 mostra os resultados extraídos do *software* com a alteração para fibra de carbono dos raios e aros, mantendo todos os outros componentes.

Categoria de impacto	Unid.	Total	Rodas carbono	Assento	Centro Pedaleiro	Corpo de aço	Forqueta de aço	Guiador
Alterações climáticas	DALY	3,11E-05	7,38E-06	4,49E-07	1,54E-06	7,88E-06	1,06E-05	3,24E-06
Combustíveis fósseis	MJ surplus	233,22	100,10	3,61	7,43	30,77	70,94	20,38

Quadro 8: SimaPro: cenário 2

Comparando as informações do quadro 9 com o quadro 7, verifica-se que a substituição dos aros e raios de alumínio para os de fibra de carbono, fez decrescer as emissões de CO₂ em 94,0% tal como as emissões de metano em 52,0%. Para a categoria de

combustíveis fósseis, a mudança dos materiais causou uma significativa redução do uso do gás natural em que o valor passou de 15,50 MJ para 3,92E-04 MJ e no valor do crude de 17,45 MJ para 5,63 MJ.

É observado que a quantidade de material utilizado nos diferentes componentes influencia os impactos ambientais como era de esperar pois passou-se de uma grande quantidade de alumínio (5,12 kg) para uma inferior de fibra de carbono (1,61 kg). Os processos para obter a fibra de carbono são também diferentes. Processos como a grafitização e a carbonização da fibra de carbono têm menos impacto nas emissões e consumo de combustíveis do que os processos para obtenção do alumínio neste caso concreto.

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Rodas de carbono	5,29E-06	1,12E-07	3,92E-04	5,63

Quadro 9: SimaPro: cenário 2 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - produção das rodas de fibra de carbono

A figura 30 mostra a percentagem de contribuição de cada componente da bicicleta para os impactos ambientais. Desta forma para as alterações climáticas com 30% tem-se a forqueta, seguindo-se as rodas de carbono com 27% e por fim com 26% o corpo. Assim sendo as rodas deixam de estar em primeiro lugar como as responsáveis pelo impacto ambiental passando para a segunda posição. Quanto aos combustíveis fósseis, 48% provém das rodas, seguindo-se a forqueta com 25% e com 18% o corpo.

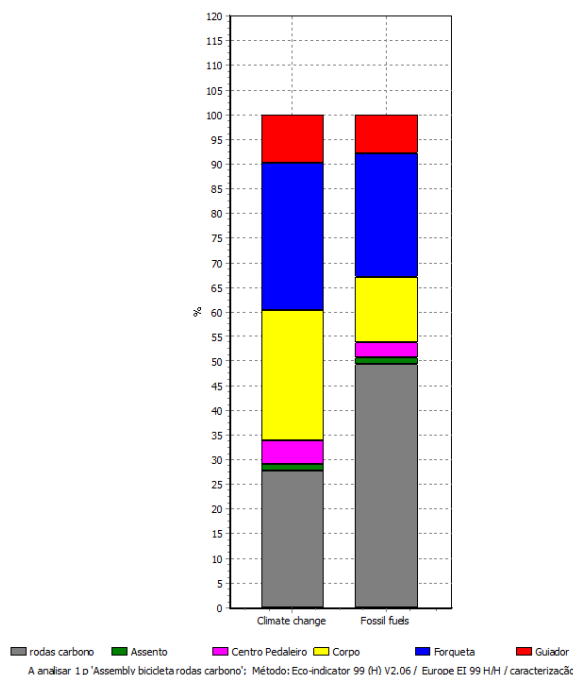


Figura 30: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com rodas de fibra de carbono, relativos à fase de caracterização

A figura 31 mostra como a alteração dos aros e raios de alumínio para os de fibra de carbono é vantajosa para reduzir o impacto ambiental, quando é feita a comparação do cenário 2 com o cenário base. Ao nível das alterações climáticas houve uma redução no total de 78% e nos combustíveis fósseis uma redução de 76%.

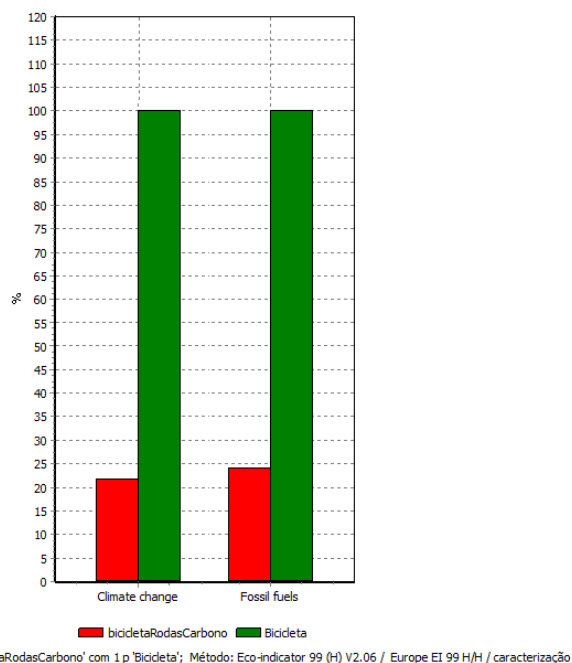


Figura 31: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de rodas de carbono (vermelho) e da bicicleta do cenário base (verde), relativos à fase de caracterização

Cenário 3

O cenário 3 faz referência à segunda alteração, em que há mudança da forqueta original de aço para forqueta de fibra de carbono. O quadro 10 apresenta os resultados com a alteração das forquetas e mantendo todos os outros componentes.

Categoria de impacto	Unid.	Total	Forqueta de carbono	Assento	Centro Pedaleiro	Corpo em aço	Guiador	Rodas de al.
Alterações climáticas	DALY	1,36E-04	3,21E-06	4,49E-07	1,54E-06	7,88E-06	3,24E-06	1,2E-04
Combustíveis fósseis	MJ surplus	941,34	47,12	3,61	7,43	30,77	20,38	832,04

Quadro 10: SimaPro: cenário 3

Ao comparar as informações do quadro 11 com o quadro 7, verifica-se que na categoria de alterações climáticas a fibra de carbono mostrou ter menores emissões de metano, contudo as emissões de CO₂ são maiores do que a forqueta de aço. As emissões de metano reduziram cerca de 60% e as de CO₂ aumentaram 79%. Nos combustíveis fósseis os valores dos consumos de gás natural e crude desceram. O consumo de gás natural

passou de 2,07 MJ para 1,1E-04 MJ e o crude reduziu cerca de 3%. O impacto ambiental é reduzido com esta alteração em relação à forqueta de carbono pois existe a redução da quantidade de material utilizado para produzir este tipo de forqueta de carbono, passando-se de 2 kg em aço para 595 g em fibra de carbono e os processos para obtenção da fibra de carbono são também diferentes dos de obtenção o aço, como estão descritos no cenário anterior.

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Forqueta de fibra de carbono	1,48E-06	3,15E-08	1,1E-04	1,58

Quadro 11: SimaPro: cenário 3 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis – produção da forqueta de fibra de carbono

Pela análise da figura 32 é visível que as rodas de alumínio voltam a ter a maior percentagem de impacto ambiental com 71% da responsabilidade nas alterações climáticas, seguindo-se a forqueta com 20% e por fim o corpo com 3%. Quanto aos combustíveis fósseis as rodas de alumínio são responsáveis por 72%, seguindo-se a forqueta de carbono com 22,5% e a seguir o corpo de aço com 2,5%.

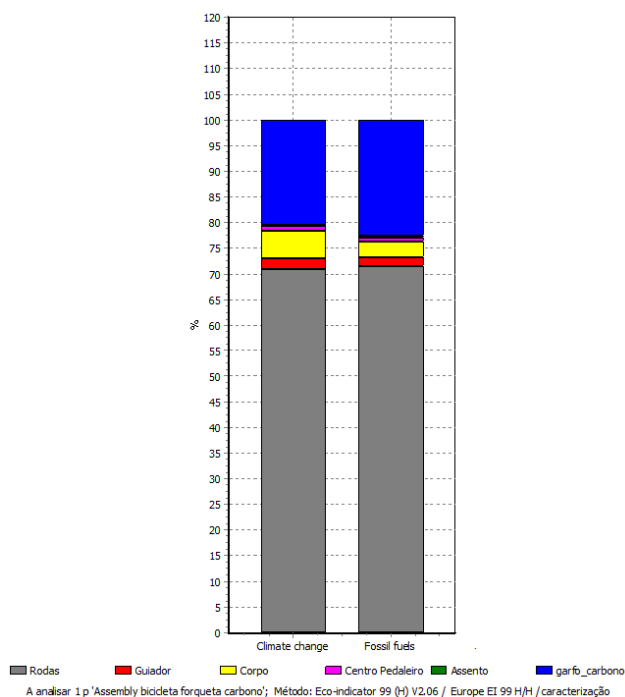
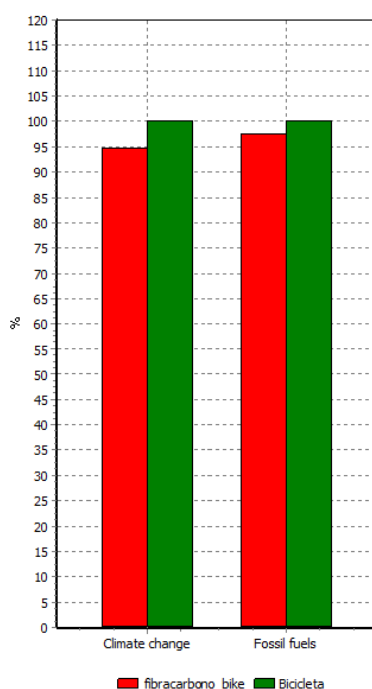


Figura 32: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com forqueta de carbono, relativos à fase de caracterização

Na figura 33, é feita a comparação entre a bicicleta com a forqueta de fibra de carbono e a bicicleta do cenário base. Existiu uma redução de 4,9% nas alterações climáticas e o mesmo se passou para o uso de recursos fósseis havendo uma redução de 2,5%. A

alteração para outro tipo de forqueta permitiu reduzir os impactes nas duas categorias, no entanto não foi muito visível como no caso do cenário 2.



A comparar 1 p 'fibracarbono_bike' com 1 p 'Bicicleta'; Método: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H / caracterização

Figura 33: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de forqueta de carbono (vermelho) e da bicicleta do cenário base (verde), relativos à fase de caracterização

Cenário 4

O cenário 4 pretendeu verificar o que acontecia com o uso do quadro de madeira. O quadro 12 corresponde aos resultados obtidos.

Categoria de impacte	Unid.	Total	Quadro de madeira	Assento	Centro Pedaleiro	Forqueta de aço	Guiador	Rodas de al.
Alterações climáticas	DALY	1,44E-04	8,11E-06	4,49E-07	1,54E-06	1,06E-05	3,24E-06	1,2E-04
Combustíveis fósseis	MJ surplus	977,56	43,17	3,61	7,43	70,94	20,38	832,04

Quadro 12: SimaPro: cenário 4

Comparando as informações do quadro 13 com o quadro 8, verificou-se que na categoria de alterações climáticas a madeira fez reduzir as emissões no geral, havendo também redução no uso dos recursos fósseis. Ao nível do CO₂, houve uma redução de 53,0% nas emissões e no metano uma redução de 51,0%. Na categoria dos combustíveis fósseis o

gás natural passou de 7,34MJ para 8,6E-03MJ e o crude aumentou cerca de 20,0%. Este componente tem um baixo consumo de combustíveis fósseis pois os consumos que tem são para se processar.

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Quadro de madeira	1,35E-06	4,87E-08	8,6E-03	6,93

Quadro 13: SimaPro: cenário 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis – produção do quadro de madeira

Na figura 34 verifica-se que a alteração do quadro de aço para madeira fez com que as rodas representassem 86% das alterações causadas nas alterações climáticas, seguindo-se a forqueta com 8% e posteriormente o quadro em madeira 2%. Quanto à extração dos recursos fósseis, as rodas ocupam 87%, seguindo-se a forqueta com 7% e por último o quadro com 3%.

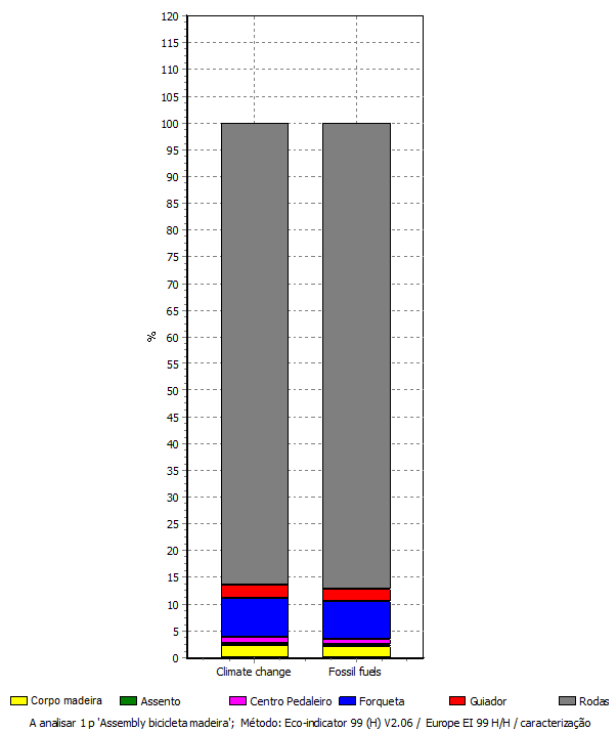


Figura 34: SimaPro: Resultados da ACV associado à bicicleta com quadro de madeira, relativos à fase de caracterização

Na figura 35 é visível que a utilização do quadro de madeira na bicicleta praticamente não influencia os impactos ao nível das alterações climáticas e de consumo de recursos fósseis (resultou numa redução de 4,0% e 2,0%, respetivamente para as alterações climáticas e no consumo de recursos fósseis relativamente à bicicleta do cenário base). Percebe-se assim que comparando um quadro de aço com um quadro de madeira existiram reduções nas emissões dos gases emitidos, bem como nos consumos dos combustíveis fósseis. No

entanto, quando a bicicleta é avaliada com todos os outros componentes a representatividade do uso de madeira no quadro não é relevante em relação ao cenário base.

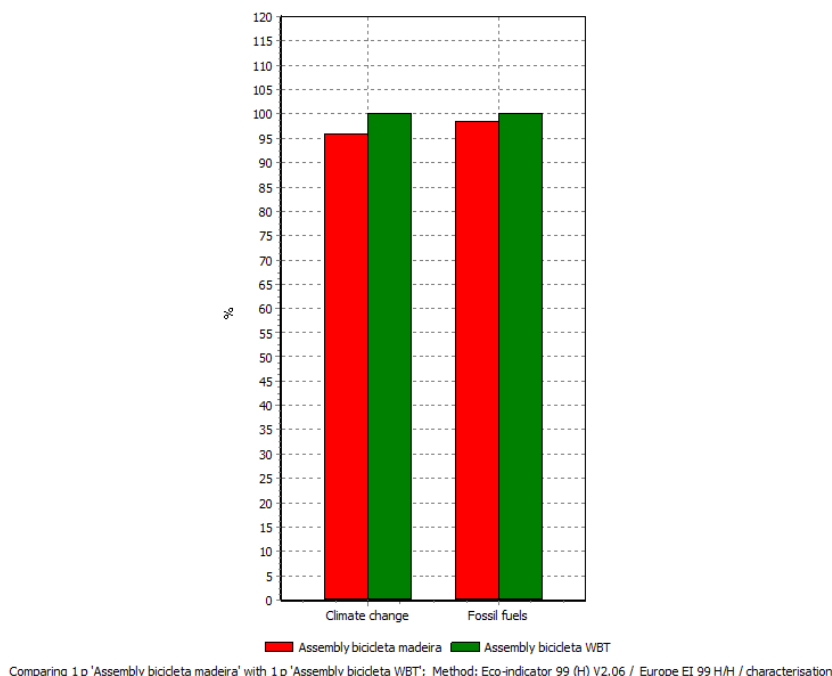


Figura 35: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente à bicicleta de quadro de madeira (vermelho) e da bicicleta do WBT (verde), relativos à fase de caracterização

5.3 Cenário Base – Análise “Cradle-to-Grave”

Os cenários seguintes correspondem ao ciclo de vida completo da bicicleta, desde a produção, uso, manutenção e tratamento dos resíduos. Devido à falta de dados sobre o fim de vida dos componentes de uma bicicleta, considerou-se que o tratamento dos resíduos seria dividido em duas opções, analisadas separadamente. Os resíduos da bicicleta serão enviados totalmente para a reciclagem ou para o aterro.

Nos cenários seguintes a manutenção considerada foi inserida na produção, uma vez que os componentes precisam de ser produzidos e a avaliação que é feita é ao nível energético e ambiental relativo à produção dos materiais. Esta consideração não influencia os resultados finais apenas é diferente nas árvores de pontuação única.

Reciclagem

No primeiro caso, a bicicleta foi enviada para a reciclagem sendo visível na figura 36 o número de pontos referentes a esse caso. Quanto aos valores da produção, da manutenção e do uso tem um valor de 95,5Pts no entanto enviando a bicicleta para a reciclagem o valor resultante da avaliação do ciclo completo é de 93,2Pts. O valor na reciclagem é negativo (-2,24Pts) pois quando os componentes são reciclados está subjacente a reintegração dos materiais desses componentes no fluxo de produção, evitando dessa maneira que se recorra outra vez às matérias-primas oriundas do meio ambiente. Verifica-se o facto de que usar a bicicleta não acarreta impactes ambientais, pois não existe consumo de combustíveis fósseis, apenas com a sua manutenção (implica a produção de mais componentes).

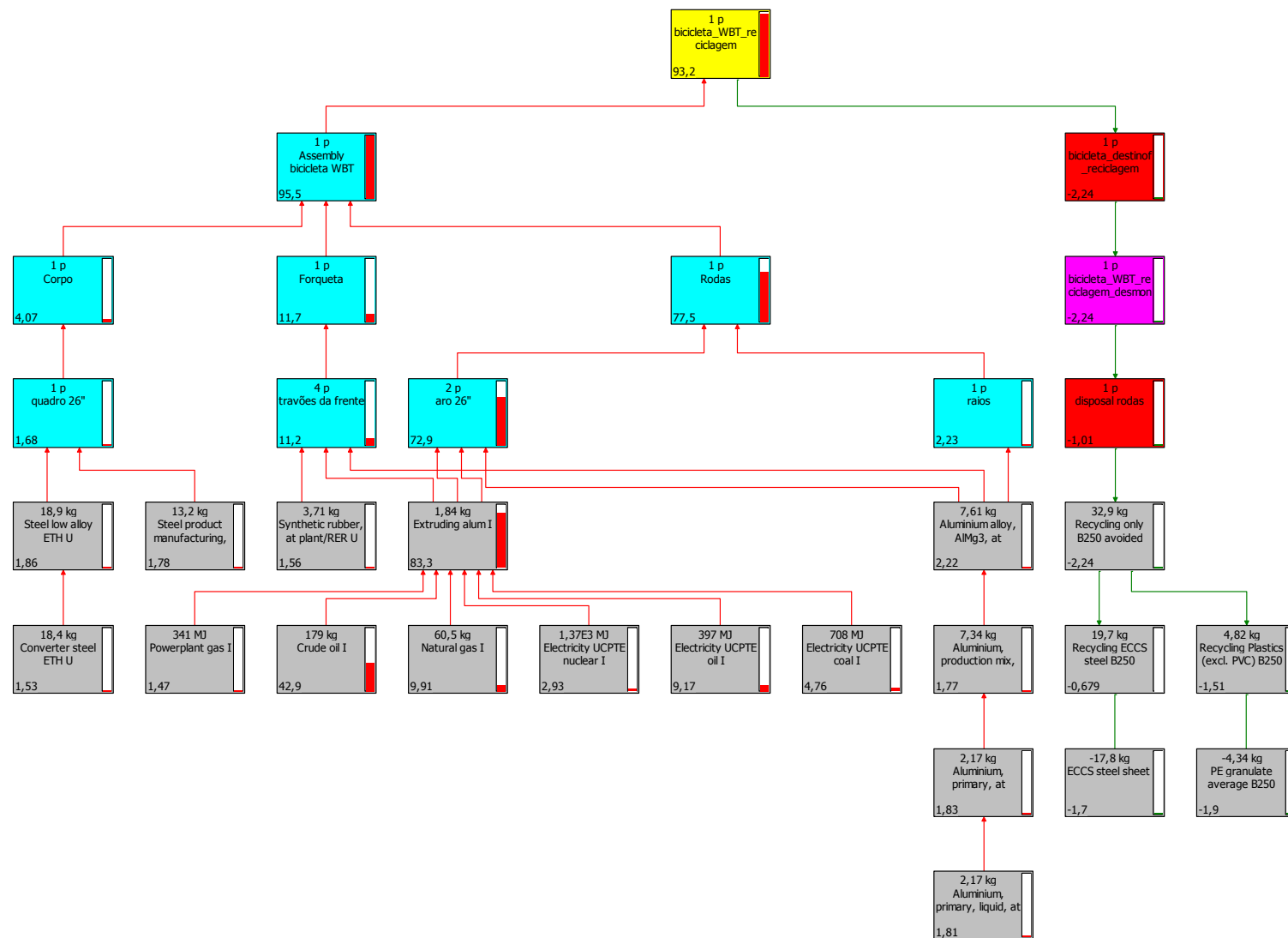


Figura 36: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta do cenário base - ciclo de vida completo - reciclagem

No quadro 14 está representado o ciclo de vida da bicicleta dividido nas categorias de alterações climáticas e combustíveis fósseis. Está também a manutenção que corresponde à produção dos componentes de substituição. Os valores de reciclagem encontram-se negativos significando que não existe libertação de gases ou não são consumidos recursos fósseis.

Categoria de impacte	Unid.	Total	Bicicleta WBT produção	Manutenção	Destino final - Reciclagem
Alterações climáticas	DALY	2,69E-04	1,43E-04	1,33E-04	-7,29E-06
Combustíveis fósseis	MJ surplus	1,83E3	965,16	914,84	-52,4

Quadro 14: SimaPro: cenário base com envio de resíduos para reciclagem

O quadro 15 permite conhecer melhor os valores das emissões dos gases responsáveis pelas alterações climáticas e os combustíveis fósseis utilizados durante o ciclo de vida da bicicleta do cenário base. Como se pode ver durante a reciclagem existe uma contribuição negativa por parte dos gases de metano e CO₂ (não são emitidos). Para este tratamento dos componentes verifica-se melhorias ambientais ao nível dos gases e na parte de combustíveis fósseis não apresenta consumos dos combustíveis selecionados.

A linha “produção” nas tabelas seguintes corresponde ao total de todos os componentes existentes (produção inicial mais os componentes de substituição). Está organizado desta forma pois o ênfase destas avaliações é verificar o que acontece no tratamento de resíduos

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Total	2,32E-04	5,36E-06	55,26	74,27
Produção	2,39E-04	6,03E-06	55,26	74,27
Reciclagem	-6,55E-06	-6,67E-07	x	x

Quadro 15: SimaPro: cenário base - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - destino final: reciclagem

Aterro

A figura 37 representa também o ciclo de vida da bicicleta do cenário base, com a diferença de que neste caso os componentes da bicicleta foram enviados na sua totalidade para o aterro sanitário, como destino final. Mantêm-se o valor da produção, manutenção e uso de 95,5 Pts, no entanto quando os componentes são enviados para o aterro vai haver um agravamento no valor de 1,7 Pts pois irão ser produzidos mais gases aquando da acumulação de resíduos e também consumirão combustíveis fósseis aquando desse processamento de fim de vida, passando assim para 97,2 Pts a avaliação do ciclo completo da bicicleta do cenário base quando enviada para o aterro.

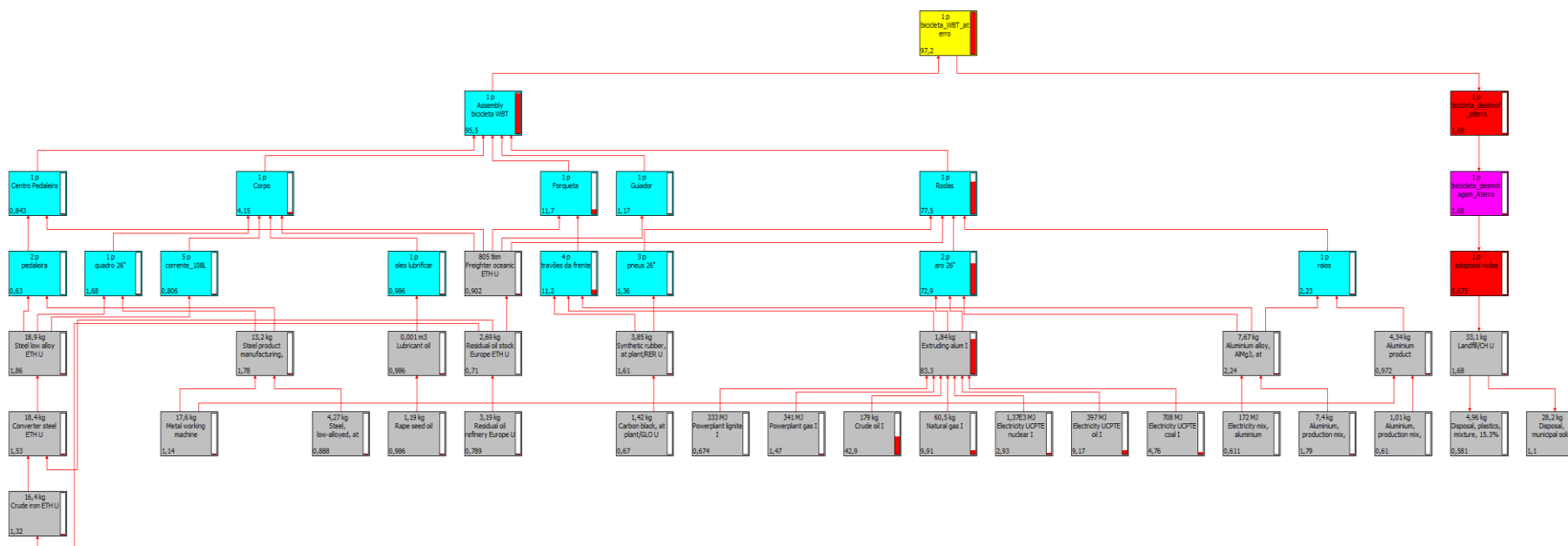


Figura 37: SimaPro: árvore de pontuação única, bicicleta do cenário base - ciclo de vida completo - aterro

O quadro 16 descreve os valores que se obtêm durante a produção, manutenção, uso e o destino final definido para o cenário base, quando este é enviado para o aterro. Como se pode verificar tal como na reciclagem o uso da bicicleta tem impacte com a manutenção e no destino final existe um aumento dos valores nas diferentes categorias de impacte.

Categoria de impacte	Unid.	Total	Bicicleta WBT Produção	Manutenção	Destino final - Aterro
Alterações climáticas	DALY	2,79E-04	1,43E-04	1,33E-04	3,69E-06
Combustíveis fósseis	MJ surplus	1,88E03	965,16	914,84	1,32

Quadro 16: SimaPro: cenário base com envio de resíduos para aterro

O quadro 17 mostra os gases e os combustíveis selecionados e o que lhes aconteceu quando estes foram enviados para o aterro. Aos gases que foram selecionados para serem analisados verificou também sua emissão durante o depósito dos resíduos no aterro. Quanto aos combustíveis fósseis houve um aumento do consumo do gás natural e do crude.

	Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
	CO₂	Metano	Gás natural	Crude
Total	2,45E-04	5,85E-06	55,42	75,42
Produção	2,45E-04	6,03E-06	55,26	74,27
Aterro	1,42E-07	1,76E-07	0,16	1,15

Quadro 17: SimaPro: cenário 1 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - ciclo de vida da bicicleta do WBT - destino final: aterro

5.4 Cenários alternativos – Análise “Cradle-to-grave”

Nos cenários seguintes as bicicletas dos cenários 2 a 4, foram avaliadas em todas as fases do ciclo de vida. Estes cenários foram separados em reciclagem e aterro e comparados com o cenário base.

Reciclagem

O quadro 18 pretende mostrar o que acontece às bicicletas quando enviadas para a reciclagem, tanto ao nível da categoria de alterações climáticas, como na categoria de recursos fósseis. É visível também no quadro 18 que a bicicleta com rodas de carbono é aquela que apresenta menor impacte nas duas categorias.

Categoria de impacte	Unid.	Bicicleta forqueta de carbono	Bicicleta quadro de madeira	Bicicleta rodas de carbono	Bicicleta WBT
Climate change	DALY	2,69E-04	2,63E-04	5,96E-05	2,69E-04
Fossil fuels	MJ surplus	1848,44	1804,70	476,47	1831,41

Quadro 18: SimaPro: bicicletas enviadas para reciclagem

O quadro 19 representa os cenários 2 a 4 com as emissões dos dois maiores gases responsáveis pelas alterações climáticas e o consumo dos dois principais combustíveis que influenciam na categoria de combustíveis fósseis. No geral os valores de CO₂ e metano reduzem para estes cenários em comparação com o cenário 1. O cenário que utiliza as rodas de carbono é aquele que melhores valores obtém para o CO₂ e para o metano, daí apresentar o melhor resultado quanto à categoria de alterações climáticas. Para os valores dos combustíveis fósseis, existe o seu consumo durante a produção, mas durante a reciclagem não se verifica qualquer alteração, para os combustíveis gás natural e crude seccionados significando que não se está a extrair combustíveis fósseis. Os cenários da bicicleta do WBT e das rodas de carbono apresentaram-se os mais eficientes apresentando as menores emissões de gases aquando a reciclagem, no entanto o cenário das rodas de carbono na sua globalidade foi o melhor.

Bicicleta		Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
		CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Bicicleta rodas de carbono	Total	5,32E-05	1,65E-06	38,21	55,34
	Produção	5,97E-05	2,32E-06	38,21	55,34
	Reciclagem	-6,55E-06	-6,67E-07	x	x
Bicicleta forqueta de carbono	Total	2,39E-04	5,34E-06	53,19	72,64
	Produção	2,45E-04	5,94E-06	53,19	72,64
	Reciclagem	-5,92E-06	-5,99E-07	x	x
Bicicleta quadro de madeira	Total	2,35E-04	5,13E-06	44,04	64,43
	Produção	2,38E-04	5,42E-06	44,04	64,43
	Reciclagem	-3,09E-06	-2,94E-07	x	x

Quadro 19: SimaPro: cenário 2 a 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - destino final: reciclagem

A figura 38 pretende ilustrar as diferenças que ocorrem nos diferentes cenários. A maior diferença ocorre entre a bicicleta do WBT e a de rodas de fibra de carbono, nas alterações climáticas num valor de 77,80% e na categoria dos recursos fósseis houve também uma redução de 74% entre os mesmos cenários.

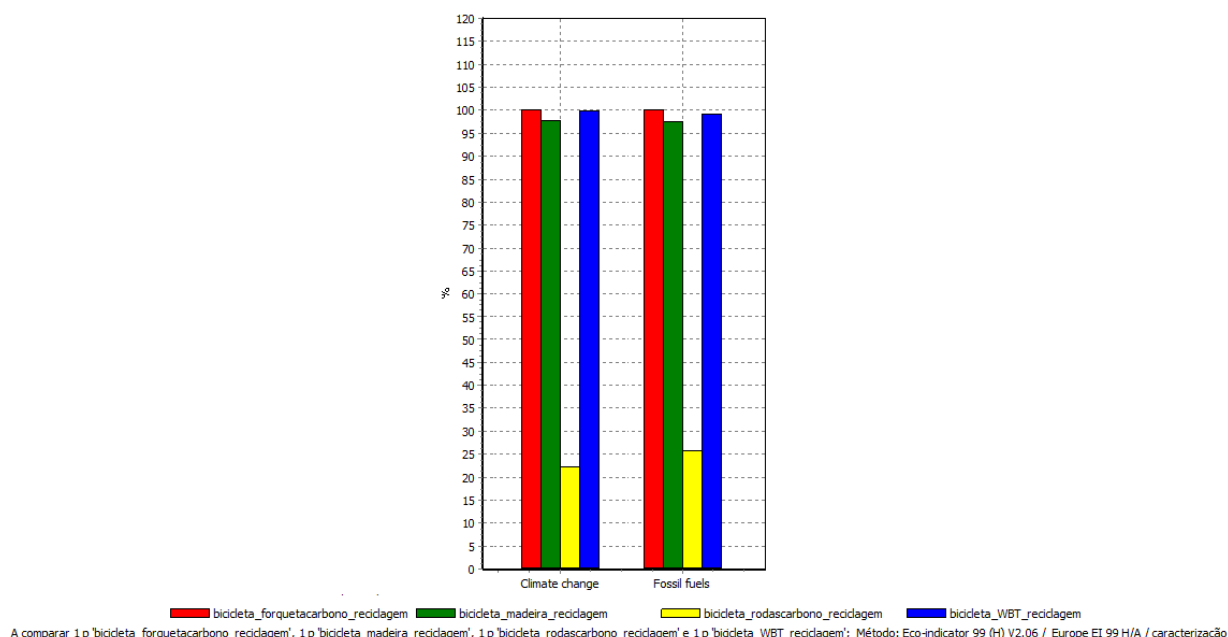


Figura 38: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos cenários 1 a 4 quando enviados para reciclagem, considerando a fase de caracterização

Aterro

Relativamente ao envio dos resíduos para o aterro, o quadro 20 resume a informação obtida pelos diferentes cenários. Todos os valores encontram-se próximos com a exceção do cenário em que existe a utilização das rodas de carbono. Este cenário assume-se como o melhor resultado ao nível das alterações climáticas e dos combustíveis fósseis.

Categoria de impacto	Unidade	Bicicleta forqueta de carbono	Bicicleta de quadro de madeira	Bicicleta rodas de carbono	Bicicleta WBT
Alterações climáticas	DALY	2,69E-04	2,63E-04	5,96E-05	2,69E-04
Combustíveis fósseis	MJ surplus	1848,43	1804,70	476,47	1831,41

Quadro 20: SimaPro: bicicletas enviadas para aterro

O quadro 21 representa os cenários 2 a 4 com as emissões dos dois gases com maior responsabilidade pelas alterações climáticas e o consumo dos dois principais combustíveis que influenciam na categoria de combustíveis fósseis. Foi verificado uma redução das emissões de CO₂ e metano durante a fase de aterro para os cenários avaliados. Para os combustíveis fósseis, o cenário 4 é aquele que apresenta menor consumo de gás natural e de crude. No entanto estes valores não bastaram para tornar o cenário 4 o melhor cenário quando avaliado todo o ciclo de vida. Comparando com o quadro 17, o melhor cenário foi a bicicleta com rodas de carbono. Percebe-se que a

produção dos componentes é responsável por mais emissões do que o aterro. O cenário do WBT foi aquele que teve mais emissões e maiores consumos durante o aterro

Bicicleta		Alterações climáticas (DALY)		Combustíveis fósseis (MJ surplus)	
		CO ₂	Metano	Gás natural	Crude
Bicicleta rodas fibra de carbono	Total	5,99E-05	2,49E-06	38,36	56,44
	Produção	5,97E-05	2,32E-06	38,21	55,34
	Aterro	1,35E-07	1,69E-07	0,15	1,09
Bicicleta forqueta fibra de carbono	Total	2,29E-04	6,11E-06	53,34	73,74
	Produção	2,29E-04	5,94E-06	53,19	72,64
	Aterro	3,86E-10	1,70E-07	0,15	1,10
Bicicleta quadro de madeira	Total	2,38E-04	5,55E-06	44,17	65,38
	Produção	2,38E-04	5,42E-06	44,04	64,43
	Aterro	1,10E-07	1,27E-07	0,13	0,96

Quadro 21: SimaPro: cenário 2 a 4 - detalhe informativo das alterações climáticas e combustíveis fósseis - destino final: aterro

A figura 39 ilustra as diferenças que ocorrem nos diferentes cenários quando enviados os resíduos para um aterro. A maior diferença nas alterações climáticas ocorre entre a bicicleta do WBT e a de rodas de fibra de carbono, havendo uma diferença de 74,86% e na categoria dos combustíveis fósseis houve a maior diferença de valores entre o cenário da bicicleta com forqueta de carbono e a bicicleta de rodas de carbono num valor de 72,16%.

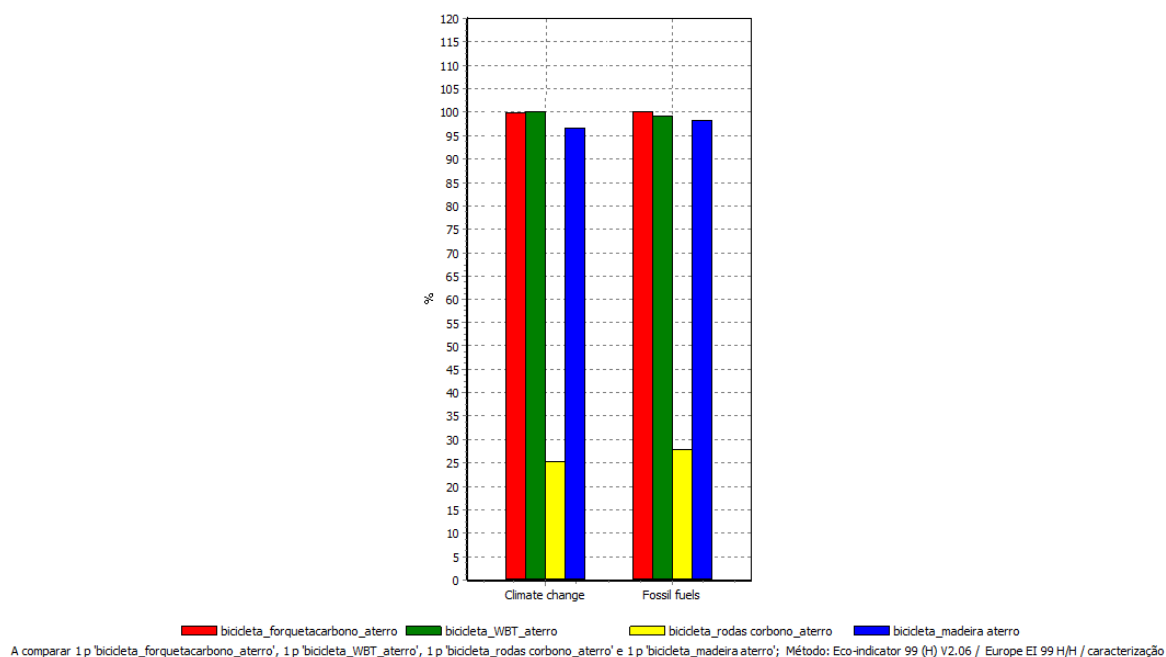


Figura 39: SimaPro: Comparação entre os perfis ambientais dos ciclos de vida correspondente aos cenários 1 a 4, quando enviadas para aterro

Os resultados acima mostraram que o alumínio utilizado nas bicicletas tem um grande impacto ambiental. A fase de produção é aquela que mais emissões tem e consome mais combustíveis fósseis, pois existe a extração da matéria-prima e processamento destas. Comparando os dois destinos de fim de vida, a reciclagem mostrou ser o melhor, pois houve redução das emissões dos gases e também não consumiu combustíveis fósseis. O aterro foi o pior cenário pois aumentou as emissões dos gases e consumiu mais combustíveis fósseis do que aqueles usados na produção.

6. Conclusões e trabalho futuro

A realização desta Dissertação visou avaliar o ciclo de vida de uma bicicleta de montanha de quadro de aço de baixa liga com o auxílio do *software* SimaPro e consequentemente procurar diferentes soluções para reduzir os impactos ambientais dos seus componentes. A bicicleta de quadro de aço foi considerada como o cenário base e a partir desse cenário foram construídos os outros cenários. Após avaliar o cenário base concluiu-se que os componentes rodas, forqueta e quadro eram os que tinham o maior impacto ambiental. As rodas, que incorporam os aros construídos em alumínio requeem grandes quantidades de energia para a sua extrusão. A forqueta e o quadro requerem bastante aço na sua produção e os processos inerentes ao seu processamento provocam também um impacto significativo que mereceu ser avaliado. Os impactos dos componentes/materiais foram calculados na categoria de alterações climáticas e na categoria de combustíveis fósseis, focando-se nos gases mais significativos tais como CO₂ e metano e no consumo do gás natural e do crude. O objetivo foi alterar os componentes referidos para outros que necessitassem de menos energia para serem produzidos e menos quantidade de material utilizado para a sua produção.

Tendo isto presente, foram criados três novos cenários. Na primeira modificação foram substituídos os aros e os raios do cenário base por um conjunto em fibra de carbono – material menos denso e de diferente processamento. A segunda modificação pretendeu mudar a forqueta de aço para uma de fibra de carbono pelas mesmas razões do primeiro cenário. No último cenário foi escolhida a madeira para fazer uma substituição, pretendeu-se substituir o quadro da bicicleta base e avaliar o impacto do uso de um recurso biodegradável na produção da bicicleta. Para todos estes cenários foram feitas comparações com o cenário base e verificadas que as variações ocorridas melhoravam o impacto ambiental em comparação com o cenário base. Isto ocorreu porque os componentes que foram substituídos fizeram reduzir as quantidades de CO₂ e metano emitidas e o consumo dos combustíveis fósseis. Concluiu-se que a substituição com melhor sucesso ao nível das alterações climáticas e do consumo dos recursos fósseis foi a que incorpora as rodas de fibra de carbono.

Tendo os materiais sido escolhidos e os cenários criados, a ACV completo foi realizada, desde a produção até ao destino dos resíduos - “*Cradle-to-Grave*”. Para esta parte as informações da produção foram mantidas e foram adicionados dados de manutenção, estimados para o uso das bicicletas durante 30 anos e percorrendo cerca de 2 850 km.

Nesta Dissertação consideram-se dois possíveis caminhos para os resíduos: o primeiro incluiu o envio da bicicleta na totalidade para a reciclagem e o segundo, para o aterro.

Concluiu-se que o processo produtivo define a maior parte do impacto ambiental numa ACV completa. Para o caso da bicicleta de madeira que quando é enviada para o aterro é aquela que tem melhores resultados ao nível do consumo de combustíveis fósseis, no entanto como é integrada a parte da produção na avaliação do ciclo de vida, a bicicleta com aros de carbono foi a que teve melhores resultados ambientais.

A bicicleta que tem os aros e raios de fibra de carbono demonstrou ser a que melhores resultados teve ao nível de produção e também quando avaliada em termos de ciclo de vida completo.

Algumas propostas de trabalhos futuros que poderão completar ou melhorar esta Dissertação:

- Ultrapassar a limitação de dados (inventário mais completo)
- Esta Dissertação faz comparações de bicicletas quando existe a mudança de um só componente, seria interessante verificar a mudança de mais de um componente na mesma bicicleta usando diferentes materiais de modo a produzir uma bicicleta com menor impacto ambiental possível.
- Selecionar um método e um conjunto de normalização- ponderação diferente e comparar resultados com os obtidos nesta Dissertação: por exemplo CML 2 baseline 2000, CML 2001, Ecological scarcity 2006, IMPACT 2002+, uma vez que só foi utilizado um método de avaliação o Eco-indicador 99.

7. Referências Bibliográficas

1. Comissão Europeia, “EU transport in figures”, relatório: ISBN: 978-92-79-28860-9, 2013.
2. Comissão Europeia, “Cidades para bicicletas, Cidades do futuro”, relatório: ISBN: 92-828-5738-7, 2000.
3. “Camisola Amarela ” , disponível em : <http://www.camisolaamarela.com/>, [Consultado em: 25-Mar-2014].
4. “European Bicycle Market 2012”, disponível em: <http://www.coliped.com/>, [Consultado em Mar-2014].
5. Eurostat, “Statistics on the production of manufactured goods 2012”, disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, [Consultado em 8-Abril-2014].
6. Instituto Nacional de Estatística, INE, “Estatísticas da Produção Industrial 2012”, disponível em : <http://www.ine.pt>, [Consultado em 15-Abril-2014]
7. “Comboios de Portugal”, disponível em: <http://www.cp.pt>. [Consultado em 25-Mar-2014].
8. European Environment Agency, “A closer look at urban transport” relatório: ISBN: 978-92-9213-413-6, 2013.
9. Instituto Nacional de Estatística, INE, “Segundo e principal meio de transporte utilizado nos trajectos residência, 2011”, disponível em : <http://www.ine.pt/>, [Consultado em 15-Abril-2014] .
10. “Life Cycle.” , disponível em: <http://www.fgm.at/lifecycle/>, [Acedido em: 12-Out-2014].
11. É. Melo, “Smartbike : Future prospects of a bicycle for the elderly”, dissertação de mestrado em Gerontologia, Departamento de Didática e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, 2009.
12. Peugeot, “Peugeot Onyx Bike, Concept bikes and two wheels,” 2013, disponível em: <http://www.peugeot.com/>, [Consultado em: 31-Ag-2014].
13. C. Cherry, J. X. Weinert, and Y. Xinmiao, “Comparative environmental impacts of electric bikes in China,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 14, no. 5, pp. 281–290, 2009.
14. R. H. Bicycles, “Wood.Seriously. Why a Wood Bicycle Frame?,” disponível em: <http://www.renovobikes.com/>, [Consultado em: 25-Jun-2014].

15. F. H. de Oliveira, "Utilização de bambu na construção de quadros de bicicletas", dissertação de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
16. J. Ribeiro, "Sustentabilidade dos produtos de construção-aplicação da análise do ciclo de vida a um perfil de alumínio", dissertação de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
17. Extrusal, "Alumínio", disponível em: <http://www.extrusal.pt/>, [Acedido em: 24-Jul-2014].
18. M. Hakamada, T. Furuta, Y. Chino, and Y. Chen, "Life cycle inventory study on magnesium alloy substitution in vehicles," *Energy*, no. 8, pp. 1352–1360, 2007.
19. F. Fuerle and J. Sienz, "Decomposed surrogate based optimization of carbon-fiber bicycle frames using Optimum Latin Hypercubes for constrained design spaces," *Comput. Struct.*, vol. 119, pp. 48–59, Abril. 2013.
20. "Velocite - Carbon Fiber Composites Technology in the Bicycle Industry", Disponível em: <http://www.velocite-bikes.com/>, [Consultado em: 11-Jul-2014].
21. R. Nelson, "Bike frame races carbon consumer goods forward.," *Reinf. Plast.*, vol. 47, no. 7, pp. 36 – 40, 2003.
22. A. Grant, "Sporting composites," *Reinf. Plast.*, vol. 49, no. 5, pp. 46 – 49, 2005.
23. S. Dave, "Life Cycle Assessment of Transportation Options for Commuters," Massachusetts Institute of Technology, 2010.
24. S. Plouffe, P. Lanoie, C. Berneman, and M.-F. Vernier, "Economic benefits tied to ecodesign," *J. Clean. Prod.*, vol. 19, no. 6–7, pp. 573–579, Apr. 2011.
25. P. C. Ferrão, "Ecologia Industrial: Principios e Ferramentas", *IST Press*, 2009.
26. D. Collado-Ruiz e H. Ostad-Ahmad-Ghorabi, "Comparing LCA results out of competing products: developing reference ranges from a product family approach," *J. Clean. Prod.*, no. 4, pp. 355–364, 2010.
27. J. Vicente e R. Ferreira, "Análise do ciclo de vida", *Apontamentos de Gestão Ambiental*, Instituto Politécnico de Viseu, 2004.
28. A. Mayyas, A. Qattawi, A. Mayyas e M. Omar, "Life cycle assessment-based selection for a sustainable lightweight body-in-white design", *Energy*, vol. 39, no. 1, pp. 412–425, 2012.

29. J. E. H. da Silva, "Práticas de projeto e construção orientadas pela sustentabilidade", dissertação de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2011.
30. M. Guo, "Life cycle assessment of Light-Weight Eco-composites", Springer Science & Business Media, London, 2012.
31. "Landfill Problems - WeGreen - USA." , disponível em: <http://www.wegreen-usa.org>, [Consultado em: 19-Out-2014].
32. M. M. Goedkoop, M. Oele, A. Schryver and S. H. Vieira, "SimaPro 7 - Database manual", Holanda: Pré-Consultants, 2010.
33. Van Hout Kurt, "Literature search bicycle use and influencing factors in Europe.", Universidade Hasselt - Instituut voor mobiliteit, 2008.
34. A. Pata, "Análise do Ciclo de Vida da Bicicleta World Bike Tour Porto 2010", relatório para a disciplina de Energia e Desenvolvimento do Produto, Curso de Formação em Eficiência Energética e Energias Renováveis, Universidade de Aveiro, 2011.
35. S. Cicero, R. Lacalle, R. Cicero, D. Fernández, and D. Méndez, "Analysis of the cracking causes in an aluminium alloy bike frame," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 18, no. 1, pp. 36–46, Jan. 2011.
36. Matweb, "Aluminum 6061-T6; 6061-T651", disponível em: <http://www.matweb.com>, [Consultado em : 24-Jul-2014].
37. Matweb, "Aluminum 7005-T6, 7005-T63, and 7005-T6351" disponível em: <http://matweb.com/>, [Consultado em : 20-Jul-2014].
38. S. Nicol, "Steel is Real - Metallurgy for Cyclists," *Ibis Bike*, disponível em: <http://www.ibiscycles.com>, [Consultado em: 14-Jul-2014].
39. "Type of Carbon Fiber Products and their Special Features," *Japan Chemical Fibers Association*, 2014, Disponível em: <http://www.carbonfiber.gr.jp/>, [Consultado em: 08-Out-2014].
40. R. Grzanka, "The greening of carbon fibre manufacture - Reinforced Plastics," *Reinforced Plastics*, 2013, disponível em: <http://www.reinforcedplastics.com>, [Consultado em: 10-Out-2014].
41. "Products - What is carbon fiber?," *TOHO Tenax*, Disponível em: <https://www.tohotenax.com>, [Consultado em: 18-Set-2014].
42. Matweb, "European Beech Wood," 2014, disponível em: <http://matweb.com/>, [Consultado em: 25-Jul-2014].

43. "Google Maps" , disponível em: <https://www.google.pt/maps/>,[Consultado em 26 Ago-2014].
44. "Bicycle Maintenance - Consulting - VšeProKolo.cz.", disponível em: <http://www.vseprokolo.cz/>, [Consultado em: 18-Ago-2014].
45. "Finish Line - Bicycle Lubricants and Care Products - DRY Lube with Teflon® fluoropolymer." , disponível em: <http://www.finishlineusa.com/>,[Consultado em: 19-Out-2014].
46. L. Mulders, "High quality recycling of construction and demolition waste in the Netherlands," Utrecht University, 2013.
47. M. E. Schlesinger, "Aluminum Recycling", CRC Press, 2007, p. 44.
48. "Sustainability," *The International Aluminum Institute*, Disponível em: <http://recycling.world-aluminium.org/>, [Consultado em: 19-Ag-2014].
49. E. Worrell, "Handbook of recycling". Amsterdam: Elsevier, 2014.

8. Anexos

Cenário base – bicicleta WBT

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_WBT_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment:	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta WBT	Biking	Bicicleta destino of reciclagem
	Total		DALY	0,000269	0,00027614	x	-7,29E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-6,14E-07	-6,14E-07	x	x
2	Butane	Air	DALY	2,18E-09	2,18E-09	x	x
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,000221	0,00022801	x	-6,55E-06
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,10E-06	1,10E-06	x	x
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,73E-05	1,73E-05	x	x
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	4,48E-10	4,48E-10	x	x
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,07E-07	2,84E-07	x	-7,71E-08
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	7,27E-08	7,27E-08	x	x
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	5,12E-08	5,12E-08	x	x
10	Chloroform	Air	DALY	1,78E-14	1,78E-14	x	x
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,93E-05	1,93E-05	x	1,82E-10
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	5,54E-13	5,54E-13	x	x
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-8,32E-15	-8,32E-15	x	x
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	7,01E-12	7,01E-12	x	x
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,54E-13	1,54E-13	x	x
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	4,00E-09	4,00E-09	x	x
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,39E-07	1,39E-07	x	x
18	Methane	Air	DALY	4,55E-06	5,21E-06	x	-6,67E-07
19	Methane, biogenic	Air	DALY	4,49E-08	4,49E-08	x	x
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	1,10E-10	1,10E-10	x	x
21	Methane,	Air	DALY	-6,57E-	-6,89E-08	x	3,21E-09

	bromotrifluoro-, Halon 1301			08			
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	4,49E-10	4,49E-10	x	x
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,28E-11	2,28E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,49E-13	2,49E-13	x	x
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	9,26E-10	9,26E-10	x	x
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,45E-11	4,45E-11	x	x
27	Methane, fossil	Air	DALY	8,16E-07	8,16E-07	x	x
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,86E-11	-3,86E-11	x	x
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,74E-07	8,74E-07	x	x
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	1,19E-11	1,19E-11	x	x
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,66E-12	1,66E-12	x	x
32	Propane	Air	DALY	2,42E-09	2,42E-09	x	x
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,63E-06	3,63E-06	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_WBT_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta WBT	Biking	Bicicleta destinof reciclagem
	Total		MJ surplus	1832,134	1884,49	x	-52,3567
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	20,30326	22,76099	x	-2,45773
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	0,076769	0,076769	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	2,395868	2,395868	x	x
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,068636	0,068636	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	5,121268	5,121268	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	4,42989	4,42989	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	1,484346	1,484346	x	x

8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,750974	0,750974	x	x
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	369,6447	369,6447	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	12,58959	10,42393	x	2,165656
11	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-12,5106	x	x	-12,5106
12	Gas, natural, feedstock, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-14,7266	x	x	-14,7266
13	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	55,26083	55,26083	x	x
14	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	212,2792	222,6952	x	-10,4159
15	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1115,105	1115,105	x	x
16	Oil, crude, feedstock, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	-14,4115	x	x	-14,4115
17	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	74,27258	74,27258	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_WBT_aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta WBT	Biking	Bicicleta destino de aterro
	Total		DALY	0,00027983	0,000276	x	3,69E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-6,15E-07	-6,14E-07	x	-6,59E-10
2	Butane	Air	DALY	2,19E-09	2,18E-09	x	6,87E-12
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,00022801	0,000228	x	x
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,92E-06	1,10E-06	x	8,22E-07
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,74E-05	1,73E-05	x	1,42E-07
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	4,49E-10	4,48E-10	x	1,35E-12
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,84E-07	2,84E-07	x	x
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	7,28E-08	7,27E-08	x	1,01E-10
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	5,16E-08	5,12E-08	x	4,03E-10
10	Chloroform	Air	DALY	1,79E-14	1,78E-14	x	1,51E-16

11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,93E-05	1,93E-05	x	8,41E-09
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	5,57E-13	5,54E-13	x	3,19E-15
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-8,36E-15	-8,32E-15	x	-3,72E-17
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	7,06E-12	7,01E-12	x	5,31E-14
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,55E-13	1,54E-13	x	1,14E-15
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	4,00E-09	4,00E-09	x	8,29E-12
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,39E-07	1,39E-07	x	5,92E-12
18	Methane	Air	DALY	5,21E-06	5,21E-06	x	x
19	Methane, biogenic	Air	DALY	2,59E-06	4,49E-08	x	2,54E-06
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	1,10E-10	1,10E-10	x	1,39E-13
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-6,90E-08	-6,89E-08	x	-5,94E-11
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	4,50E-10	4,49E-10	x	6,71E-13
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,28E-11	2,28E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,49E-13	2,49E-13	x	4,59E-17
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	9,26E-10	9,26E-10	x	1,01E-14
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,45E-11	4,45E-11	x	5,92E-19
27	Methane, fossil	Air	DALY	9,92E-07	8,16E-07	x	1,76E-07
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,95E-11	-3,86E-11	x	-9,34E-13
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,74E-07	8,74E-07	x	3,57E-11
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	1,19E-11	1,19E-11	x	4,81E-18
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,67E-12	1,66E-12	x	1,11E-14
32	Propane	Air	DALY	2,43E-09	2,42E-09	x	7,08E-12
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,63E-06	3,63E-06	x	9,45E-11

Título:	A analisar 1 p 'bicicleta_WBT_aterro'						
Método:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Por subcompartimento:	Número						
Ignorar não utilizados:	Sim						
Indicador:	Caracterização						
Categoria:	Fossil fuels						

Truncar:	0%						
Modo relativo:	Nenhum						
Número	Substância	Compartimento	Unidade	Total	Assembly bicicleta WBT	Biking	Bicicleta destino de aterro
	Total		MJ surplus	1885,806	1884,49	x	1,316015
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Matéria prima	MJ surplus	22,76099	22,76099	x	x
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Matéria prima	MJ surplus	0,076769	0,076769	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Matéria prima	MJ surplus	2,399798	2,395868	x	0,003929
4	Energy, from coal	Matéria prima	MJ surplus	0,068636	0,068636	x	x
5	Energy, from gas, natural	Matéria prima	MJ surplus	5,121268	5,121268	x	x
6	Energy, from oil	Matéria prima	MJ surplus	4,42989	4,42989	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Matéria prima	MJ surplus	1,484346	1,484346	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Matéria prima	MJ surplus	0,7522	0,750974	x	1,23E-03
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Matéria prima	MJ surplus	369,6447	369,6447	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Matéria prima	MJ surplus	10,42393	10,42393	x	x
11	Gas, natural, in ground	Matéria prima	MJ surplus	55,42034	55,26083	x	1,60E-01
12	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Matéria prima	MJ surplus	222,6952	222,6952	x	x
13	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Matéria prima	MJ surplus	1115,105	1115,105	x	x
14	Oil, crude, in ground	Matéria prima	MJ surplus	75,42393	74,27258	x	1,15E+00

Cenário 2 – bicicleta com rodas de fibra de carbono

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_rodascarbono_reciclagem',						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta rodas carbono	Biking	bicicleta rodas fibra carbono reciclagem
	Total		DALY	5,98E-05	6,71E-05	x	-7,29E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-3,44E-07	-3,44E-07	x	x
2	Butane	Air	DALY	6,62E-10	6,62E-10	x	x
3	Carbon dioxide	Air	DALY	4,26E-05	4,91E-05	x	-6,55E-06
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	7,53E-07	7,53E-07	x	x
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,06E-05	1,06E-05	x	x
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	3,09E-10	3,09E-10	x	x
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,25E-07	3,02E-07	x	-7,71E-08
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	1,27E-08	1,27E-08	x	x
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	4,52E-08	4,52E-08	x	x
10	Chloroform	Air	DALY	1,33E-14	1,33E-14	x	x
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	3,02E-06	3,02E-06	x	1,81E-10
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	4,22E-13	4,22E-13	x	x
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-3,88E-15	-3,88E-15	x	x
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	3,75E-12	3,75E-12	x	x
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,39E-13	1,39E-13	x	x
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	3,58E-09	3,58E-09	x	x
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	3,29E-08	3,29E-08	x	x
18	Methane	Air	DALY	1,09E-06	1,76E-06	x	-6,67E-07
19	Methane, biogenic	Air	DALY	2,27E-08	2,27E-08	x	x
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	6,65E-11	6,65E-11	x	x
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-1,61E-08	-1,93E-08	x	3,21E-09
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	2,81E-10	2,81E-10	x	x
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,26E-11	2,26E-11	x	x

24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,45E-13	2,45E-13	x	x
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	1,43E-07	1,43E-07	x	x
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,03E-11	4,03E-11	x	x
27	Methane, fossil	Air	DALY	5,61E-07	5,61E-07	x	x
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,22E-11	-3,22E-11	x	x
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	2,07E-07	2,07E-07	x	x
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	2,34E-08	2,34E-08	x	x
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,45E-12	1,45E-12	x	x
32	Propane	Air	DALY	1,24E-09	1,24E-09	x	x
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	8,38E-07	8,38E-07	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_rodascarbono_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta rodas carbono	Biking	bicicleta rodas fibra carbono reciclagem
	Total		MJ surplus	477,1852	529,53239	x	-52,3472
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	4,1135764	6,571372	x	-2,4578
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	2,4155503	2,4155503	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	1,3650814	1,3650814	x	x
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,088844462	0,088844462	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	12,984082	12,984082	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	109,36441	109,36441	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	1,4818529	1,4818529	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,41555535	0,41555535	x	x
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	89,221199	89,221199	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	7,9606527	5,7955038	x	2,165149
11	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-12,508734	x	x	-12,5087

12	Gas, natural, feedstock, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-14,725179	x	x	-14,7252
13	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	38,205907	38,205907	x	x
14	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	11,251294	11,251294	x	x
15	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	37,751863	48,166253	x	-10,4144
16	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	146,86173	146,86173	x	x
17	Oil, crude, feedstock, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	-14,406242	x	x	-14,4062
18	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	55,343761	55,343761	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_rodas carbono_aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta rodas carbono	Biking	bicicleta rodas fibra carbono Aterro
	Total		DALY	7,06E-05	6,71E-05	x	3,47E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-3,44E-07	-3,44E-07	x	-6,23E-10
2	Butane	Air	DALY	6,68E-10	6,62E-10	x	6,52E-12
3	Carbon dioxide	Air	DALY	4,91E-05	4,91E-05	x	x
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,53E-06	7,53E-07	x	7,73E-07
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,08E-05	1,06E-05	x	1,35E-07
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	3,10E-10	3,09E-10	x	1,28E-12
7	Carbon monoxide	Air	DALY	3,02E-07	3,02E-07	x	x
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	1,28E-08	1,27E-08	x	9,51E-11
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	4,56E-08	4,52E-08	x	3,82E-10
10	Chloroform	Air	DALY	1,34E-14	1,33E-14	x	1,42E-16
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	3,03E-06	3,02E-06	x	7,92E-09
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	4,25E-13	4,22E-13	x	3,01E-15
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-3,91E-15	-3,88E-15	x	-3,51E-17

14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	3,80E-12	3,75E-12	x	5,01E-14
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,40E-13	1,39E-13	x	1,08E-15
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	3,59E-09	3,58E-09	x	7,82E-12
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	3,30E-08	3,29E-08	x	5,61E-12
18	Methane	Air	DALY	1,76E-06	1,76E-06	x	x
19	Methane, biogenic	Air	DALY	2,41E-06	2,27E-08	x	2,39E-06
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	6,66E-11	6,65E-11	x	1,31E-13
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-1,93E-08	-1,93E-08	x	-5,64E-11
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	2,82E-10	2,81E-10	x	6,34E-13
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,26E-11	2,26E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,45E-13	2,45E-13	x	4,33E-17
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	1,43E-07	1,43E-07	x	9,61E-15
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,03E-11	4,03E-11	x	5,61E-19
27	Methane, fossil	Air	DALY	7,30E-07	5,61E-07	x	1,69E-07
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,31E-11	-3,22E-11	x	-8,79E-13
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	2,07E-07	2,07E-07	x	3,38E-11
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	2,34E-08	2,34E-08	x	4,56E-18
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,46E-12	1,45E-12	x	1,06E-14
32	Propane	Air	DALY	1,25E-09	1,24E-09	x	6,72E-12
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	8,38E-07	8,38E-07	x	8,92E-11

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_rodas carbono_aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta	Biking	bicicleta rodas fibra

					rodas carbono		carbono Aterro
	Total		MJ surplus	530,7815	529,5324	x	1,249112
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	6,571372	6,571372	x	x
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	2,4155503	2,41555	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	1,3688012	1,365081	x	0,00372
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,088844462	0,088844	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	12,984082	12,98408	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	109,36441	109,3644	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	1,4818529	1,481853	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,41671564	0,415555	x	0,00116
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	89,221199	89,2212	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	5,7955038	5,795504	x	x
11	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	38,357158	38,20591	x	0,15125
12	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	11,251294	11,25129	x	x
13	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	48,166253	48,16625	x	x
14	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	146,86173	146,8617	x	x
15	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	56,436742	55,34376	x	1,092982

Cenário 3 – bicicleta com forqueta de carbono

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_forquetacarbono_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta forqueta carbono	Bikin g	Bicicleta forqueta carbono reciclagem
	Total		DALY	0,000269	0,000276	x	-6,59E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-5,99E-07	-5,99E-07	x	x
2	Butane	Air	DALY	2,14E-09	2,14E-09	x	x
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,000223	0,000229	x	-5,92E-06
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,04E-06	1,04E-06	x	x
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,65E-05	1,65E-05	x	x
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	4,21E-10	4,21E-10	x	x
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,01E-07	2,71E-07	x	-6,93E-08
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	7,26E-08	7,26E-08	x	x
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	4,74E-08	4,74E-08	x	x
10	Chloroform	Air	DALY	1,69E-14	1,69E-14	x	x
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,93E-05	1,93E-05	x	5,50E-10
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	5,14E-13	5,14E-13	x	x
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-8,13E-15	-8,13E-15	x	x
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	6,72E-12	6,72E-12	x	x
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,53E-13	1,53E-13	x	x
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	3,65E-09	3,65E-09	x	x
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,38E-07	1,38E-07	x	x
18	Methane	Air	DALY	4,55E-06	5,15E-06	x	-5,99E-07
19	Methane, biogenic	Air	DALY	4,36E-08	4,36E-08	x	x
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	1,05E-10	1,05E-10	x	x
21	Methane,	Air	DALY	-6,48E-08	-6,79E-08	x	3,03E-09

	bromotrifluoro-, Halon 1301						
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	4,26E-10	4,26E-10	x	x
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,05E-11	2,05E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,28E-13	2,28E-13	x	x
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	2,09E-08	2,09E-08	x	x
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,06E-11	4,06E-11	x	x
27	Methane, fossil	Air	DALY	7,88E-07	7,88E-07	x	x
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,61E-11	-3,61E-11	x	x
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,65E-07	8,65E-07	x	x
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	3,28E-09	3,28E-09	x	x
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,63E-12	1,63E-12	x	x
32	Propane	Air	DALY	2,43E-09	2,43E-09	x	x
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,63E-06	3,63E-06	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_forquetacarbone_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta forqueta carbono	Biking	bicicletaforqueta carbono reciclagem
	Total		MJ surplus	1849,156	1900,665	x	-51,5087
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	20,1592	22,34102	x	-2,18183
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	0,404663	0,404663	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	2,286869	2,286869	x	x
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,071472	0,071472	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	6,224219	6,224219	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	19,1426	19,1426	x	x

7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	1,333241	1,333241	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,716471	0,716471	x	x
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	375,2277	375,2277	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	12,1245	9,958846	x	2,165656
11	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-12,6094	x	x	-12,6094
12	Gas, natural, feedstock, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-14,7266	x	x	-14,7266
13	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	53,18596	53,18596	x	x
14	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1,577408	1,577408	x	x
15	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	210,7054	220,4504	x	-9,74505
16	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1115,105	1115,105	x	x
17	Oil, crude, feedstock, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	-14,4115	x	x	-14,4115
18	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	72,63981	72,63981	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_forquetacarbono_aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment:	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta forqueta carbono	Biking	Bicicleta forqueta carbono aterro
	Total		DALY	0,000279	0,000276	x	3,51E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-6,00E-07	-5,99E-07	x	-6,29E-10
2	Butane	Air	DALY	2,15E-09	2,14E-09	x	6,58E-12
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,000229	0,000229	x	x
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,82E-06	1,04E-06	x	7,81E-07
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,67E-05	1,65E-05	x	1,36E-07
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	4,22E-10	4,21E-10	x	1,29E-12
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,71E-07	2,71E-07	x	x
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	7,27E-08	7,26E-08	x	9,60E-11

9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	4,78E-08	4,74E-08	x	3,86E-10
10	Chloroform	Air	DALY	1,70E-14	1,69E-14	x	1,44E-16
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,93E-05	1,93E-05	x	8,00E-09
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	5,17E-13	5,14E-13	x	3,04E-15
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-8,16E-15	-8,13E-15	x	-3,54E-17
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	6,77E-12	6,72E-12	x	5,06E-14
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,54E-13	1,53E-13	x	1,09E-15
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	3,65E-09	3,65E-09	x	7,90E-12
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,38E-07	1,38E-07	x	5,66E-12
18	Methane	Air	DALY	5,15E-06	5,15E-06	x	x
19	Methane, biogenic	Air	DALY	2,46E-06	4,36E-08	x	2,41E-06
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	1,05E-10	1,05E-10	x	1,32E-13
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-6,79E-08	-6,79E-08	x	-5,69E-11
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	4,27E-10	4,26E-10	x	6,40E-13
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	2,05E-11	2,05E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	2,28E-13	2,28E-13	x	4,37E-17
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	2,09E-08	2,09E-08	x	9,70E-15
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	4,06E-11	4,06E-11	x	5,66E-19
27	Methane, fossil	Air	DALY	9,58E-07	7,88E-07	x	1,70E-07
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-3,70E-11	-3,61E-11	x	-8,88E-13
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,66E-07	8,65E-07	x	3,41E-11
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	3,28E-09	3,28E-09	x	4,60E-18
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,64E-12	1,63E-12	x	1,06E-14
32	Propane	Air	DALY	2,44E-09	2,43E-09	x	6,78E-12
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,63E-06	3,63E-06	x	9,01E-11

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_forquetacarbono_aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe I 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta forqueta carbono	Biking	Bicicleta forqueta carbono aterro
	Total		MJ surplus	1901,925	1900,665	x	1,259969

1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	22,34102	22,34102	x	x
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	0,404663	0,404663	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	2,290623	2,286869	x	0,003754
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,071472	0,071472	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	6,224219	6,224219	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	19,1426	19,1426	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	1,333241	1,333241	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,717642	0,716471	x	0,001171
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	375,2277	375,2277	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	9,958846	9,958846	x	x
11	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	53,33855	53,18596	x	0,15259
12	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1,577408	1,577408	x	x
13	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	220,4504	220,4504	x	x
14	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1115,105	1115,105	x	x
15	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	73,74227	72,63981	x	1,102454

Cenário 4 – bicicleta de quadro de madeira

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_madeira_reciclagem						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub- compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta madeira	Biking	Bicicleta quadro madeira reciclagem
	Total		DALY	0,000264	0,000267	x	-3,41E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-5,30E-07	-5,30E-07	x	x
2	Butane	Air	DALY	2,04E-09	2,04E-09	x	x
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,000221	0,000224	x	-3,09E-06
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	7,81E-07	7,81E-07	x	x
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,37E-05	1,37E-05	x	x
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	3,28E-10	3,28E-10	x	x
7	Carbon monoxide	Air	DALY	2,92E-07	3,26E-07	x	-3,44E-08
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	6,99E-08	6,99E-08	x	x
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	3,62E-08	3,62E-08	x	x
10	Chloroform	Air	DALY	1,33E-14	1,33E-14	x	x
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,88E-05	1,88E-05	x	2,10E-09
12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC- 152a	Air	DALY	3,84E-13	3,84E-13	x	x
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC- 140	Air	DALY	-7,23E-15	-7,23E-15	x	x
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	5,64E-12	5,64E-12	x	x
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2- trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,40E-13	1,40E-13	x	x
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2- tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	2,14E-09	2,14E-09	x	x
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,28E-07	1,28E-07	x	x
18	Methane	Air	DALY	4,45E-06	4,74E-06	x	-2,94E-07
19	Methane, biogenic	Air	DALY	3,64E-08	3,64E-08	x	x
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	8,18E-11	8,18E-11	x	x
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-6,40E-08	-6,62E-08	x	2,16E-09
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	3,30E-10	3,30E-10	x	x
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	1,06E-11	1,06E-11	x	x

24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	1,37E-13	1,37E-13	x	x
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	7,18E-10	7,18E-10	x	x
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	2,64E-11	2,64E-11	x	x
27	Methane, fossil	Air	DALY	6,79E-07	6,79E-07	x	x
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-2,60E-11	-2,60E-11	x	x
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,03E-07	8,03E-07	x	x
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	5,51E-12	5,51E-12	x	x
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,43E-12	1,43E-12	x	x
32	Propane	Air	DALY	2,22E-09	2,22E-09	x	x
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,46E-06	3,46E-06	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_madeira_reciclagem'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment :	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta madeira	Biking	Bicicleta quadro madeira reciclagem
	Total		MJ surplus	1810,534	1857,022	x	-46,488
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	19,53767	20,4852	x	-0,94753
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	0,074597	0,074597	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	1,913905	1,913905	x	x
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,05798	0,05798	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	4,122954	4,122954	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	4,226135	4,226135	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	0,656104	0,656104	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,59811	0,59811	x	x
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	369,66	369,66	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	10,45228	8,345799	x	2,106476

11	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-12,6719	0,008672	x	-12,6805
12	Gas, natural, feedstock, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	-14,3165	x	x	-14,3165
13	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	44,04026	44,04026	x	x
14	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	4,524293	4,524293	x	x
15	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	210,8406	217,4655	x	-6,62494
16	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1116,417	1116,417	x	x
17	Oil, crude, feedstock, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	-14,025	x	x	-14,025
18	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	64,42549	64,42549	x	x

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_madeira aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment:	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Climate change						
Cut-off:	0%						
Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta madeira	Biking	Bicicleta quadro madeira Aterro
	Total		DALY	0,000269	0,000267	x	2,32E-06
1	Carbon dioxide, in air	Raw	DALY	-5,30E-07	-5,30E-07	x	-4,78E-10
2	Butane	Air	DALY	2,04E-09	2,04E-09	x	5,69E-12
3	Carbon dioxide	Air	DALY	0,000224	0,000224	x	x
4	Carbon dioxide, biogenic	Air	DALY	1,29E-06	7,81E-07	x	5,08E-07
5	Carbon dioxide, fossil	Air	DALY	1,38E-05	1,37E-05	x	1,10E-07
6	Carbon dioxide, land transformation	Air	DALY	3,29E-10	3,28E-10	x	1,02E-12
7	Carbon monoxide	Air	DALY	3,26E-07	3,26E-07	x	x
8	Carbon monoxide, biogenic	Air	DALY	7,00E-08	6,99E-08	x	6,31E-11
9	Carbon monoxide, fossil	Air	DALY	3,65E-08	3,62E-08	x	3,32E-10
10	Chloroform	Air	DALY	1,34E-14	1,33E-14	x	1,04E-16
11	Dinitrogen monoxide	Air	DALY	1,88E-05	1,88E-05	x	5,23E-09

12	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	DALY	3,86E-13	3,84E-13	x	2,17E-15
13	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	DALY	-7,25E-15	-7,23E-15	x	-2,49E-17
14	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	DALY	5,68E-12	5,64E-12	x	3,57E-14
15	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	DALY	1,41E-13	1,40E-13	x	9,05E-16
16	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	DALY	2,15E-09	2,14E-09	x	5,53E-12
17	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	DALY	1,28E-07	1,28E-07	x	4,70E-12
18	Methane	Air	DALY	4,74E-06	4,74E-06	x	x
19	Methane, biogenic	Air	DALY	1,61E-06	3,64E-08	x	1,57E-06
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	DALY	8,19E-11	8,18E-11	x	1,01E-13
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	DALY	-6,62E-08	-6,62E-08	x	-4,94E-11
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	DALY	3,30E-10	3,30E-10	x	4,86E-13
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	DALY	1,06E-11	1,06E-11	x	x
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	DALY	1,37E-13	1,37E-13	x	3,16E-17
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	DALY	7,18E-10	7,18E-10	x	7,85E-15
26	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	DALY	2,64E-11	2,64E-11	x	4,63E-19
27	Methane, fossil	Air	DALY	8,05E-07	6,79E-07	x	1,27E-07
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	DALY	-2,66E-11	-2,60E-11	x	-5,67E-13
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	DALY	8,03E-07	8,03E-07	x	2,83E-11
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	DALY	5,51E-12	5,51E-12	x	3,76E-18
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	DALY	1,44E-12	1,43E-12	x	8,70E-15
32	Propane	Air	DALY	2,22E-09	2,22E-09	x	5,84E-12
33	Sulfur hexafluoride	Air	DALY	3,46E-06	3,46E-06	x	6,42E-11

Title:	Analysing 1 p 'bicicleta_madeira aterro'						
Method:	Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H						
Per sub-compartment:	No						
Skip unused:	Yes						
Indicator:	Characterisation						
Category:	Fossil fuels						
Cut-off:	0%						

Relative mode:	Non						
No	Substance	Compartment	Unit	Total	Assembly bicicleta madeira	Biking	Bicicleta quadro madeira Aterro
	Total		MJ surplus	1858,111	1857,0216	x	1,089417
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	20,4852	20,485201	x	x
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	0,074597	0,07459683	x	x
3	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	MJ surplus	1,916889	1,9139052	x	0,002983
4	Energy, from coal	Raw	MJ surplus	0,05798	0,05797959	x	x
5	Energy, from gas, natural	Raw	MJ surplus	4,122954	4,1229542	x	x
6	Energy, from oil	Raw	MJ surplus	4,226135	4,2261353	x	x
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	MJ surplus	0,656104	0,65610406	x	x
8	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	MJ surplus	0,599037	0,59811032	x	0,000927
9	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	369,66	369,65995	x	x
10	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	8,345799	8,3457987	x	x
11	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	MJ surplus	0,008672	0,00867231	x	x
12	Gas, natural, in ground	Raw	MJ surplus	44,16828	44,040259	x	0,128026
13	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	4,524293	4,5242927	x	x
14	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	217,4655	217,46554	x	x
15	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	MJ surplus	1116,417	1116,4166	x	x
16	Oil, crude, in ground	Raw	MJ surplus	65,38297	64,425485	x	0,957481